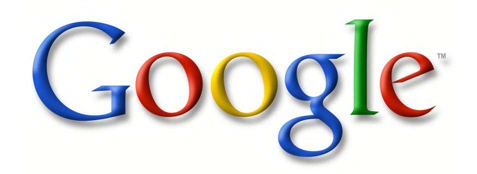




Die Chemie im täglichen Leben

von

Prof. Lassar-Cohn

6. Auflage

Leopold Voss, Hamburg

Kleine Auswahl aus den zahlreichen anerkennenden Besprechungen der

Chemie im täglichen Leben:

lle
Fa ... ıg.
ıg-
tä ... ıut
da ... ıg.

ıer
mi ... zu
wi ... he
Le ... lte
vo ... 'ch
di ... ıg.
em
ch ... or-
gänge im täglichen Leben behandeln. Man wird kaum ein Thema finden, das in seinem Buche nicht angeführt, ja in ausführlicher Weise erläutert wird. Dabei wird auch der Entwicklung der Chemie seit den ältesten Zeiten gedacht, es wird gezeigt, wie diese Entwicklung bis in die neuste Zeit vorging und welche Umstände dabei häufig zugrunde lagen, wie dieselbe in dem **Haushalte** und in der **Industrie** sich zeigte und welche Bedeutung sie für das **Leben in der Gegenwart**, namentlich auch für die **deutsche Industrie und den Welthandel** zur Folge hatte. Er zeigt dabei, wie in so vielen Fällen unsere Lebensbedürfnisse anders geworden sind, selbst in den letzten 50 Jahren, seit die Chemie sich in so großartiger Weise auf allen Gebieten der Technik geltend machte. Er nennt zugleich die **Namen der Männer**, welche sich dabei vorzugsweise betätigten, und zeigt, welchen **Einfluß die Wissenschaft auf das gesamte Kulturleben hatte.** Man möchte daher wünchen, daß das Buch **auch in den Familien weite Verbreitung finde.** Pädagogischer Jahresbericht.

Der Chemiker und der Laie muß an diesem Buch seine Freude haben. Wir machen bei dieser Gelegenheit noch darauf aufmerksam, daß sich das Buch auch als **Geschenk für die reifere Jugend** sehr gut eignet.

Chemisch technischer Ratgeber.

In leicht verständlicher und äußerst fesselnder Darstellung behandelt Verfasser die Stoffe, mit denen das tägliche Leben uns in Berührung bringt. Uns ist kein Buch bekannt, das in so **gemeinverständlicher** und doch **erschöpfender Darstellung** dies Thema behandelt. Je länger man das Buch benutzt, desto mehr wird das Interesse erhöht und erregt. Mit meisterhafter Geschicklichkeit versteht der Verfasser auch die schwierigeren Themen zu popularisieren.

Hamburgische Schulzeitung.

Lassar-Cohn ist ein **Meister in d**... ist imstande sich jedem verständlich zu machen. ... Tageblatt.



Verlag von Leopold Voss in Hamburg.

Von Professor Lassar-Cohn

sind erschienen:

Einführung in die Chemie in leichtfaßlicher Form. **Dritte** verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 60 Abbildungen im Text. **1907.** Preis brosch. M. 3.—, geb. M. 4.—.

(Von diesem Werk ist eine englische, russische und tschechische Übersetzung erschienen.)

Arbeitsmethoden für organisch - chemische Laboratorien. **Vierte** umgearbeitete und vermehrte Auflage. Allgemeiner Teil. Mit 160 Abbildungen im Text. **1906.** Brosch. M. 11.—, geb. M. 13.50. Spezieller Teil. Mit 10 Abbildungen im Text. **1907.** Brosch. M. 47.—, geb. M. 52.—.

Allgemeine Gesichtspunkte f. organisch-chemische Arbeiten. Preis M. 2.—.

(Von diesem Werk ist eine englische Übersetzung erschienen.)

Praxis der Harnanalyse. Anleitung zur chemischen Untersuchung des Harns, sowie zur künstlichen Darstellung der für Übungs- und Unterrichtszwecke nötigen pathologischen Harne. Nebst einem Anhang Analyse des Mageninhalts. **Dritte** verbesserte Auflage. Preis M. 1.20.

(Von diesem Werk ist eine französische und eine englische Übersetzung erschienen.)

Die Säuren der Rindergalle und der Menschengalle. Preis M. 2.—.

Die Leser der „Chemie im täglichen Leben“ werden auf das auch von Herrn Prof. Lassar-Cohn verfaßte, bereits in dritter, verbesserter und vermehrter Auflage erschienene kleine Werk „Einführung in die Chemie in leichtfaßlicher Form“ mit 60 Abbildungen im Text (Preis brosch. M. 3.—, geb. M. 4.—) ergebenst aufmerksam gemacht.

Der Verfasser stellt in diesem Buche die wissenschaftlichen Grundlagen dar, auf denen sich die Riesen-Erfolge der Chemie, und somit der zu einem wesentlichen Faktor des Volkswohlstandes gewordenen chemischen Industrie aufbauen.

Wie sehr es dem Verfasser gelungen ist, auch in diesem Werk bei aller Wissenschaftlichkeit gemeinverständlich zu sein, mag die am Schluß des vorliegenden Buches abgedruckte kleine Auswahl aus den vielen anerkennenden Besprechungen dartun, die geneigter Beachtung empfohlen wird.

Die Verlagsbuchhandlung Leopold Voss.

Die

Chemie im täglichen Leben

Sechste verbesserte Auflage

Die

Chemie im täglichen Leben

Gemeinverständliche Vorträge

von

Prof. Dr. Lassar-Cohn
Königsberg i. Pr.

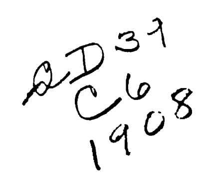
Sechste verbesserte Auflage

Mit 24 Abbildungen im Text.





Hamburg und Leipzig
Verlag von Leopold Voss
1908.



Erste Auflage 1895.
Sechste Auflage 1908.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorwort zur sechsten Auflage.

Um wieder ganz auf der Höhe der Zeit zu stehen, hat diese Neuauflage manche Zusätze erhalten, aber auch mancherlei Änderungen erfahren. Die Abbildungen hat der Verlag in künstlerisch vollendeter Form neu herstellen lassen.

Übersetzungen liegen nunmehr ins Englische, Finnische, Französische, Hebräische, Italienische, Polnische, Portugiesische, Russische, Schwedische, Spanische und Tschechische vor. Herr Prof. Gajjar in Bombay ist mit einer Übersetzung ins Indische (Guaratisprache), Herr Krstić mit einer solchen ins Serbische beschäftigt. Außerdem ist das Buch in deutsche Blindenschrift übertragen, und erschien in Neuyork ein Nachdruck mit englischen Anmerkungen, um als deutsches Lesebuch in englischen Schulen zu dienen.

Königsberg i. Pr., im Juni 1908.

Vorwort zur ersten Auflage.

Klarheit ist die Höflichkeit derer,
welche öffentlich reden.
Arago.

Das vorliegende Buch ist aus Vorträgen entstanden, die im hiesigen „Verein für fortbildende Vorträge“ gehalten worden sind.

In der Annahme, daß sie auch für weitere Kreise von Interesse sein werden, übergebe ich sie der Öffentlichkeit mit dem Bemerken, daß, da die einzelnen Vorträge die übliche Dauer von einer Stunde hatten, die entsprechende Zeit ihrer Lektüre zu widmen sein wird.

Königsberg, im Juni 1895.

Der Verfasser.



Inhaltsverzeichnis.



Erster Vortrag.

Das Atmen. Die Physik und die Chemie. Das Gewicht der Luft. Barometer. Analyse der Luft. Argon. Ozon. Verschiedenheit der ein- und der ausgeatmeten Luft. Erhaltung der Körperwärme. Verbrennung. Zündhölzer. Gelber und roter Phosphor.

Meine Damen und Herren!

In den Vorträgen, mit denen wir heute beginnen, soll der Versuch gemacht werden, Ihnen zu zeigen, daß das Verständnis zahlreicher Vorkommnisse des täglichen Lebens nur auf Grundlage von chemischen Kenntnissen möglich ist. Wir werden finden, daß wir mit einem großen Teile der in Betracht kommenden Tatsachen durch die Gewohnheit so vertraut sind, daß wir sie kaum noch beachten. Daher geben wir uns auch nur selten die Mühe, über ihren näheren Zusammenhang nachzudenken.

So wollen wir mit der Besprechung des Atmens anfangen, weil wir dieses, solange wir überhaupt existieren, ununterbrochen ausüben müssen. Wir bezeichnen ja geradezu den Zeitraum unseres Erdendaseins als die Spanne Zeit zwischen dem ersten und dem letzten Atemzuge.

Damit drängen sich uns fast unwillkürlich die Fragen auf, was atmen wir, und wozu atmen wir? Nun, was wir atmen, weiß jeder, wir atmen die uns umgebende Luft. Was ist aber diese? Der vor allem notwendige Beweis für das körperliche Vorhandensein der Luft zwingt uns, hier ein wenig das Gebiet der Physik

zu streifen. Die Physik beschäftigt sich nämlich mit naturwissenschaftlichen Untersuchungen, mit welchen eine Änderung von Substanzen nicht verbunden ist, wie z. B. mit der uns hier interessierenden Bestimmung des Gewichtes der Luft. Sie hat daher als weiteres Beispiel die Aufgabe, die Erscheinungen beim Übergange eines Eisenstabes in einen Magnetstab, wobei doch ebenfalls eine Substanzänderung des Stabes nicht eintritt, aufzuklären usw. Die Chemie dagegen macht sich die Erforschung von Vorgängen zur Aufgabe, bei denen im vollen Gegensatze hierzu Änderungen der Substanzen eintreten. Ihre Aufgabe ist daher nicht etwa die Aufklärung des Überganges eines Eisenstabes in einen Magnetstab, sondern z. B. die des Rostens eines Eisenstabes. Denn durch das Rosten geht ein solcher Stab in einen braunroten Körper über, der sich z. B. im Gegensatze zur Festigkeit des Metalles, aus dem der Rost sich gebildet hat, mit den Fingern zerreiben läßt, sicher also eine ganz andere Substanz als Eisen ist. Die Chemie hat daher weniger Interesse an der Bestimmung des Gewichtes der Luft, als an der Frage, ob sie eine einheitliche oder zusammengesetzte Materie ist.

Ist die Luft also, um auf unser Thema zurückzukommen, etwas körperlich Vorhandenes oder nur in unserer Einbildung Existierendes? Denn darüber wollen wir uns doch nicht täuschen, niemand von uns besitzt ein Organ, welches ihm zu empfinden ermöglicht, daß sie etwas Körperliches ist. Wir sprechen zwar alle von ihrer Schwere, aber es ist wohl kaum jemand unter Ihnen, der das Gewicht eines Quantums Luft wirklich auszuwägen imstande ist, der diese in das Gebiet der Physik fallende Aufgabe zu lösen und zu bestimmen vermag, wieviel Kilogramm von ihr z. B. in dem Raume, in welchem wir uns befinden, vorhanden sind.

Die Schwere der Luft vermögen wir nun einmal durchaus nicht direkt wahrzunehmen. Wir bewegen unsere Hand, scheinbar ohne Widerstand zu finden, in ihr hin und her, ja gehen mühelos mit unserem ganzen Körper durch sie hindurch. Und obgleich diese leicht zu vermehrenden Tatsachen der Vorstellung

von ihrer Schwere geradezu zu widersprechen scheinen, weiß doch heute jedermann, daß sie etwas wiegt. Dies kommt aber nur daher, daß er von Jugend auf von dieser ihrer Eigenschaft mit unumstößlicher Gewißheit hat reden hören.

Es gibt, um das nebenbei zu erwähnen, noch manche andere feststehende Tatsache auf naturwissenschaftlichem Gebiete, an der auch niemand zweifelt, obgleich sie so ohne weiteres gar nicht bewiesen werden kann. Dahin gehört z. B. die Lehre von der Kugelgestalt der Erde. Jedermann ist davon überzeugt, aber einen für Laien nicht zu schwer verständlichen Beweis dafür zu führen, ist trotz aller Mühe bis heute nicht gelungen.[1])

Wir befinden uns hier in unserem Falle insofern in einer besseren Lage, als wir uns ohne Voraussetzung irgend welcher Vorkenntnisse vom Gewichte der Luft und somit von ihrem körperlichen Vorhandensein leicht überzeugen können. Zu dem Zwecke wollen wir folgenden einfachen Versuch ausführen.

Auf einer Wage lassen Sie uns den Kolben *A* mit Hilfe von Gewichtsstücken ins Gleichgewicht bringen. Das Besondere an diesem Kolben ist, daß er an seinem Halse einen Hahn trägt. Wir hatten ihn bei geöffnetem Hahne mit einer Luftpumpe verbunden, und haben den Hahn nach dem Auspumpen der Luft geschlossen. Er ist somit gegenwärtig luftleer. Öffnen wir ihn jetzt auf der Wage, so sinkt die Wagschale, auf der sich der Kolben befindet, sofort herunter, obgleich er durch das

---

1) Anmerkung: Als einfachster Beweis wird wohl angeführt, daß man auf dem Meere zuerst die Mastspitzen entgegenkommender Schiffe sieht, was sich aus der durch die Kugelgestalt der Erde bedingten Krümmung der Oberfläche des Meeres erklärt. Aber das haben doch z. B. die Griechen der älteren Zeit auch schon wahrgenommen, und so helle Köpfe unter ihnen waren, daraus auf die Kugelgestalt der Erde zu schließen, vermochten sie doch nicht vor den Arbeiten des Eratosthenes, des Begründers der wissenschaftlichen Geographie, der im Jahre 276 vor Christus geboren wurde. Der angeführte Beweis an sich ist eben ganz ungenügend, und er konnte erst aufkommen, nachdem man auf Grundlage anderer streng wissenschaftlicher Untersuchungen sich über die Kugelgestalt der Erde klar geworden war.

Öffnen des Hahnes an sich gewiß nicht schwerer geworden ist. Der Grund dieser Erscheinung ist der, daß durch den geöffneten Hahn wieder Luft in ihn hineingeströmt ist, deren Gewicht uns jetzt durch das Heruntersinken der Schale vor Augen geführt wird.

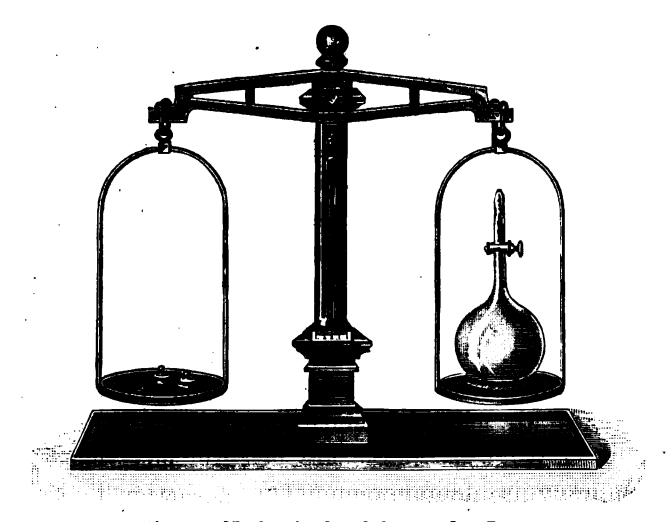


Fig. 1. Nachweis der Schwere der Luft.

Kennen wir nun noch den räumlichen Inhalt des Kolbens und bringen ihn durch hinzugefügte Gewichtsstücke wiederum ins Gleichgewicht, so können wir natürlich die Schwere des Quantums Luft in ihm ganz direkt an der Wage ablesen. Möglichst genau ausgeführte Untersuchungen haben so ergeben, daß ein Liter Luft 1,295 Gramm wiegt.

Ist sie etwas Körperliches, so muß sie auch auf jede Unterlage einen Druck durch ihre Schwere ausüben. In Rücksicht auf später Vorzutragendes wollen wir uns gleich an dieser Stelle, die für die Erörterung dieser Frage sehr geeignet ist, von der Richtigkeit unserer Anschauung überzeugen. Hierzu dient uns der folgende wiederum sehr einfache Versuch.

Wir nehmen nochmals unseren Kolben, pumpen ihn luftleer, bringen seine Spitze unter Wasser, wie es die Abbildung 2 zeigt, und öffnen jetzt den Hahn. Sofort sehen wir das Wasser heftig

in den Kolben hineinströmen und ihn schließlich füllen. Der Grund hierfür ist der, daß die äußere Luft auf die Oberfläche der in unserem Flüssigkeitsbehälter befindlichen Flüssigkeit drückt, und da im luftleeren Kolben kein Gegendruck vorhanden ist, diese Flüssigkeit, in unserem Falle das Wasser, nach dem Öffnen des Hahnes in ihn hineinpreßt.



Fig. 2. Nachweis des Luftdruckes.

Hätten wir statt unseres Kolbens ein sehr langes auf der einen Seite geschlossenes, auf der anderen Seite mit einem Hahn versehenes Glasrohr in der gleichen Weise verwendet, so würden wir sehen, daß, nachdem der Hahn in der gleichen Art unter Wasser geöffnet worden ist, der Luftdruck das Wasser über 10 Meter hoch im Glasrohr hinauftreibt. Nehmen wir statt des Wassers als Flüssigkeit Quecksilber, das etwa 13,5 mal so schwer als dieses ist, so drückt die Luft es natürlich auch nur um so viel mal weniger hoch in die Glasröhre hinauf, das ist in runden Zahlen 760 Millimeter. Die im Glasrohre befindliche Quecksilbersäule von 760 Millimetern Höhe hält also dem Luftdrucke das Gleichgewicht, und je nachdem dieser steigt und fällt, steigt und fällt auch das Quecksilber im Rohr. Daher benutzen wir eine solche Quecksilbersäule, weil sie weit bequemer zu handhaben ist als eine Wassersäule von über 10 Meter Höhe, unter dem Namen Barometer (vom griechischen Worte *βαρύς* (barys) schwer hergeleitet) als Maß für die Schwere oder richtiger für den Druck der Luft.

Wir wissen nunmehr, daß die Luft etwas Körperliches ist, das eine ganz bestimmte Schwere hat. Weiter fragt es sich jetzt, ist sie ein einheitlicher Körper, oder ist sie aus mehreren Bestandteilen zusammengesetzt?

Von vornherein ist uns klar, daß es keine gerade leichte

Aufgabe ist, etwas analysieren — d. h. auf seine Bestandteile prüfen — zu sollen, das wir mit den Händen nicht greifen, mit den Augen nicht sehen können. Daher ist denn auch die Lösung dieses doch gewiß uralten Problems erst vor etwas mehr als hundert Jahren geglückt.

Dabei erweisen sich ja die meisten scheinbar recht komplizierten Verhältnisse, nachdem man ihren Zusammenhang kennen gelernt hat, als verhältnismäßig einfach, und so läßt sich auch hier ohne Voraussetzung irgend welcher chemischen Kenntnisse Ihnen zeigen, daß die Luft zum wenigstens aus zwei Bestandteilen bestehen muß, nämlich einem, der die Verbrennung unterhält, und einem zweiten, der dies nicht vermag.

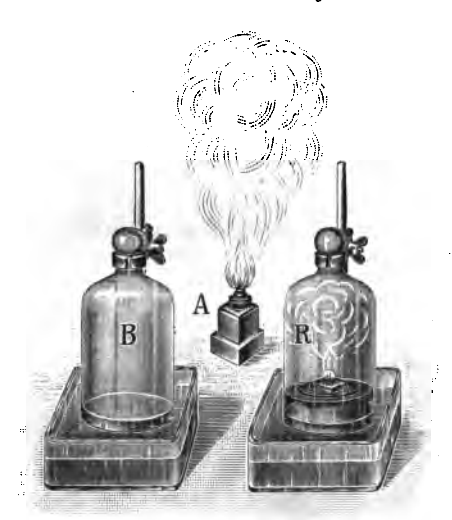


Fig. 3. Brennender Phosphor und Bestimmung des Sauerstoffgehaltes der Luft mit seiner Hilfe.

Wir haben für diesen Zweck nur nötig, ein Stückchen Phosphor anzuzünden. Tun wir dieses hier im Zimmer, so sehen wir den Phosphor unter Entwicklung eines starken weißen Rauches verbrennen, wie es *A* auf Figur 3 wiedergibt, aber in dieser Form führt der einfache Vorgang noch nicht zur Analyse der Luft. Wohl aber genügt er hierzu, wenn wir den Phosphor, statt offen im Zimmer, in einem begrenzten Luftraum brennen lassen. Um aber ein bestimmtes Volumen Luft von der übrigen Luft abzuschließen, um einen begrenzten Luftraum herzustellen, haben wir z. B. nichts weiter nötig, als eine Glasglocke, wie *B* auf Figur 3 zeigt, in Wasser zu tauchen. Die Luft unter ihr ist jetzt durch das Wasser von der übrigen Luft abgeschnitten, also von ihr getrennt. Unter einer solchen Glasglocke *R* z. B. schwimmt für

die Zwecke unserer Analyse ein Schälchen, in dem sich wiederum ein wenig Phosphor befindet. Zünden wir den Phosphor an, und stülpen hierauf erst die Glasglocke darüber, so wird er noch kurze Zeit lebhaft innerhalb der Glocke weiterbrennen, indem er sich mit einem Teile der Luft unter der Glocke verbindet; dann erlischt er. Und während dieser Zeit treibt der äußere Luftdruck an die Stelle des vom Phosphor während seiner Verbrennung verbrauchten Teiles der Luft, durch dessen Verschwinden doch eine Luftleere entsteht, so viel Wasser in die Glocke hinauf, als der Menge Luft entspricht, die sich mit dem Phosphor verbunden hat. Das Verschwinden dieses Quantums Luft unter der Glocke beruht darauf, daß sich der Phosphor mit ihr zu einem festen Körper, zu einem weißen Rauche vereinigt hat, und in dieser festen Form ist der Platz, den die nunmehr mit dem Phosphor vereinigte Luftart einnimmt, geradezu verschwindend klein. Der weiße Rauch löst sich alsbald als „Phosphorsäure“ im Wasser auf.

Untersuchen wir den in der Glasglocke zurückgebliebenen Rest der Luft, so finden wir, daß er von der uns umgebenden Luft sich jetzt dadurch unterscheidet, daß in ihm nichts mehr brennen will — selbst ein so brennbarer Körper wie Phosphor erlosch ja in ihm. — Auch in den verschiedensten sonstigen Beziehungen erweist er sich als höchst indifferent, d. h. zeigt er fast gar kein Bestreben sich mit anderen Substanzen zu neuen Körpern vereinigen zu wollen. Speziell in Rücksicht darauf, daß auch jedes hineingebrachte Lebewesen erstickt, hat er den Namen Stickstoffgas erhalten.

Der Teil der Luft, der sich bei unserem Versuche mit dem Phosphor verbunden hat, führt, obwohl er weder sauer schmeckt noch riecht, den Namen Sauerstoffgas. Diesen Namen hat ihm vor über 100 Jahren sein Entdecker Lavoisier gegeben, weil er noch der Meinung war, daß sich Sauerstoff in allen Säuren (siehe Seite 54) finden müsse; sahen doch auch wir soeben, daß Phosphor durch seine Vereinigung mit Sauerstoff in Phosphorsäure übergeht. Der Sauerstoff ist im Gegensatze zum Stickstoffgas ein außer-

ordentlich reaktionsfähiger, d. h. zum Eingehen neuer Verbindungen geneigter Körper. Eine Verbrennung mit Feuererscheinung, nämlich die des Phosphors, die er ebenso wie alle sonstigen Verbrennungen, die im praktischen Leben vorkommen, ermöglicht, haben wir soeben gesehen, und so bestehen alle Verbrennungen darin, daß sich der verbrennende Körper mit Sauerstoff zu etwas Neuem, zu etwas vom verbrennenden Material Verschiedenem vereinigt. Also ändern sich beim Brennen die Substanzen, und so ist die Aufklärung der Verbrennungserscheinungen Aufgabe der Chemie.

Das Sauerstoffgas oder der Sauerstoff, diese beiden Bezeichnungen sind identisch, verbindet sich aber auch langsam ohne Feuererscheinung mit sehr vielen Körpern. Das den Hausfrauen so unerwünschte schon erwähnte Rosten des Eisens z. B. beruht auf dieser seiner Eigenschaft, indem dieses Metall mit dem Sauerstoff der Luft zu Eisenoxyd, Eisenrost, wie Sie das nennen, zusammentritt.

Vereinigungen nach Art dieser letzteren zwischen den verschiedenartigsten Körpern und Sauerstoff, von denen wir noch eine ganze Reihe kennen lernen werden, kann man kaum als Verbrennung im volkstümlichen Sinne des Wortes bezeichnen, weil wir mit diesem Begriffe nun einmal den der Feuererscheinung verbinden. Für den Vorgang, bei welchem Sauerstoff ohne Feuererscheinung sich allmählich mit anderen Körpern vereinigt, hat man in der Chemie deshalb eine besondere Bezeichnung eingeführt; man nennt ihn Oxydation. Dieser Name stammt daher, daß der Sauerstoff auch den Fremdnamen Oxygenium (vom griechischen Worte ὀξύς [oxys] scharf abgeleitet) führt. Die so oft gehörte Anhängesilbe Oxyd bezeichnet, wie wir jetzt leicht verstehen, daher nichts anderes als Verbindung mit Sauerstoff. Bleioxyd bedeutet somit eine Verbindung von Blei mit Sauerstoff, Bleisuperoxyd eine solche Verbindung mit der doppelten Menge Sauerstoff etc.

Wenn man nun die uns umgebende Luft unter Anwendung aller von der Wissenschaft gebotenen Vorsichtsmaßregeln unter-

sucht, so findet man, daß sie außer Stickstoff und Sauerstoff stets ein klein wenig kohlensaures Gas, über das wir weiterhin das Genauere hören, sowie etwas Feuchtigkeit enthält. Bestimmt man, wieviel von jedem dieser Bestandteile in hundert ihrer Teile enthalten ist, so findet man folgendes Verhältnis:

Stickstoff	78,35 Teile	
Sauerstoff	20,77 „	
Wasser in Gasform	0,85 „	(sogen. Feuchtigkeit)
Kohlensaures Gas	0,08 „	
	100,00 Teile.	

Die Chemiker bezeichnen diese auf 100 berechneten Teile als Prozente, sagen also: die Luft enthält 78,35 Prozent Stickstoff etc. Neuerdings ist gefunden worden, daß dem aus der Luft auf chemischem Wege — wir lernten einen solchen in Form der Verbrennung von Phosphor in einem abgesperrten Quantum Luft ja soeben kennen — abgeschiedenen Stickstoff, den man für einheitlich ansah, mehrere andere gasförmige Elemente in unbedeutender Menge beigemischt sind, welche die Namen Argon, Krypton, Metargon, Neon, Xenon erhalten haben. Sie sind alle zusammen aber in so geringer Menge in der Luft enthalten, daß näher auf sie einzugehen für uns nicht nötig ist.

Daß die Luft imstande ist, Feuchtigkeit aufzunehmen, und sich schließlich ihrer in Form von Regen wieder zu entledigen vermag, ist, wie wir alle wissen, für den Haushalt der Natur von größter Wichtigkeit, denn hierauf beruht doch aller Pflanzenwuchs. Aber auch im täglichen Leben machen wir von ihrer Fähigkeit der Wasseraufnahme fortwährend Gebrauch. Denn darauf beruht ja das Trockenwerden der Wäsche, das eines gescheuerten Fußbodens etc.

Schließlich haben wir noch eine Modifikation des Sauerstoffs, zu erwähnen, die den Namen Ozon führt. In welchem Verhältnis sie zum gewöhnlichen Luftsauerstoff steht, wollen wir aber erst auseinandersetzen, nachdem wir die Definierung des Begriffs Atom seitens der Chemiker (siehe Seite 30) klar gelegt haben, weil diese Definierung hierzu nötig ist.

Im Jahre 1896 gelang es Linde mittels außerordentlich sinn-

reicher maschineller Einrichtungen die Luft zu verflüssigen. Die erhaltene Flüssigkeit besteht also zur Hauptsache aus Sauerstoff und Stickstoff, welche durch Destillation (siehe später Seite 27) getrennt werden können. Im Jahre 1907 hat ERDMANN erreicht, den Stickstoff zu veranlassen, sich aus der flüssigen Luft im festen Zustande abzuscheiden; auszukrystallisieren, wie man das nennt. Damit ist nun auch reiner Stickstoff besonders leicht aus der Luft zu erhalten, was für seine Verwertung zur Herstellung von künstlichen Düngemitteln (siehe im dritten Vortrage) von allergrößter Bedeutung werden wird.

Nachdem wir die Zusammensetzung der Luft kennen gelernt haben, fragt es sich jetzt, weshalb wir in ihr leben müssen, da wir ja erfahrungsgemäß wissen, daß Luftmangel zum Ersticken, zum Aufhören des Lebens führt.

Das hängt so zusammen: Die von uns ganz unwillkürlich eingeatmete Luft gelangt in die Lunge. Hier kommt sie durch die Wände der feinen Äderchen hindurch, in denen das Blut in der Lunge zirkuliert, mit diesem in Berührung. Dünne Häutchen, wie z. B. derartige Wände von Adern, welche für Flüssigkeiten völlig undurchgängig sind, lassen Luftarten sehr wohl durch sich hindurchgehen, lassen sie, wie der Kunstausdruck lautet, diffundieren. Indem nun auf dem Wege der Diffusion das Blut mit dem Sauerstoffe der Luft in Berührung kommt, nimmt es geradezu von ihm auf, während es im Austausch gegen ihn kohlensaures Gas ausgibt. Wir werden dieses daher reichlich in der ausgeatmeten Luft finden müssen, in der wir es sogleich experimentell fast mühelos nachweisen können.

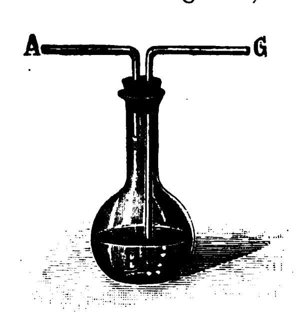


Fig. 4. Nachweis der Kohlensäure in der ausgeatmeten Luft.

Zu diesem Zwecke wollen wir einmal die äußere Luft durch Kalkwasser, welches sich in dem Kolben *B* befindet, mit dem Munde bei *A* ansaugen. Der äußerst geringe Kohlensäuregehalt der Luft, welche wir mit Hilfe des Röhrchens *G* durch das

Kalkwasser hindurchperlen sehen, macht sich bei der Kürze der Zeit, die wir dem Experiment widmen, kaum für den Nahestehenden bemerkbar. Wenn ich dagegen durch das gleiche klare Kalkwasser meine ausgeatmete Luft, indem ich das Röhrchen *G* in den Mund nehme, hindurchblase, so tritt sehr rasch eine auch in der Ferne sichtbare Trübung ein. Diese rührt daher, daß sich der im Kalkwasser vorhandene Kalk mit der Kohlensäure meiner ausgeatmeten Luft zu dem im Wasser unlöslichen kohlensauren Kalk verbindet, welcher jetzt als weißes Pulver in der Flüssigkeit schwimmt.

Wie bedeutend der Gehalt der ausgeatmeten Luft im Verhältnis zur eingeatmeten an Kohlensäure ist, ergibt sich aus folgender Analyse, wonach sie, nachdem sie getrocknet worden ist, enthält:

Stickstoff	79,58	Prozent
Sauerstoff	16,04	„
Kohlensaures Gas	4,38	„
	100,00	Prozent

Während der Sauerstoffgehalt also um rund ein Fünftel abgenommen hat, ist der Kohlensäuregehalt auf das Einhundertundvierzigfache etwa gestiegen.

Der vom Blute aufgenommene Sauerstoff wird nun von diesem mit durch den ganzen Körper geführt und wirkt jetzt oxydierend ein. Namentlich oxydiert er den Kohlenstoffgehalt mancher — sich mit Hilfe der Nahrungsaufnahme natürlich immer wieder neu bildender — Stoffe geradezu zu Kohlensäure, welche, wie ja allgemein bekannt, ein Gas ist. Dieses so gebildete kohlensaure Gas, das in den verschiedensten Teilen des Körpers, also auch in den Geweben etc. entsteht, nimmt das Blut bei seiner Rückwanderung zur Lunge aus diesen Körperteilen auf, und entledigt sich seiner dort im Austausch gegen Sauerstoff, mit dem es sich neuerdings sättigt. Das aus den Lungen strömende Blut hat infolge der neuen Sauerstoffzufuhr seine bekannte schön rote Farbe, während das zu den Lungen strömende an Kohlensäure sehr reiche mit dunkelbrauner Farbe in dieselben eintritt.

Die infolge der Atmung unausgesetzt im Körper stattfindende Oxydation ist wie jede Verbrennung, — denn schließlich ist doch Oxydation nur eine andere Bezeichnung für den gleichen Vorgang — mit Wärmebildung verknüpft, und die so erzeugte Wärme erhält unseren Körper dauernd auf seiner Normaltemperatur von 37° Celsius.

Folgender Art können wir uns auch leicht durch das Experiment überzeugen, daß Oxydation und Verbrennung hinsichtlich ihres endgültigen Effekts wirklich das gleiche sind. Wir erfuhren Seite 8, daß das Rosten des Eisens durch eine Oxydation veranlaßt wird, daß sich hierbei also ohne Feuererscheinung ein Eisenoxyd bildet, und auch aus der Erfahrung wissen wir, daß sich diese Oxydation, dieses Entstehen von Eisenrost, im Laufe von Jahren ohne Feuererscheinung vollzieht. Wenn wir aber das Ende eines dünnen Eisendrahtes glühend machen, und in eine mit Sauerstoffgas gefüllte Flasche, wie sie Abbildung 5 wiedergibt, hineinhalten, so brennt dieser hier, gerade so wie eine angezündete Kerze weiterbrennt. Also statt langsam zu rosten, verbrennt er hier im Sauerstoff unter lebhaftestem Funkensprühen, somit unter Feuererscheinung, in kaum einer Minute zu einem Eisenoxyd, womit doch bewiesen ist, daß Oxydation und Verbrennung zum gleichen Ziele führen. Der Unterschied zwischen Verbrennung und Oxydation beruht somit, wenn auch der Effekt schließlich der gleiche ist, auf der Zeitdauer. Was die Verbrennung in wenigen Minuten bewirkt, kann bei der Oxydation viele Jahre beanspruchen. Aus sich selbst klar ist, weshalb in reinem Sauerstoffgas alles besser brennt als in Luft, in der z. B. Eisen nicht brennen will. Denn in der Luft ist der Sauerstoff mit 4 Teilen Stickstoff gemischt und diese starke Verdünnung muß seine Wirksamkeit herabsetzen.



Fig. 5.
Eisen in einer Sauerstoff-atmosphäre brennend.

Hinzugefügt sei, daß das Experiment, auf diese Art Eisen

zu verbrennen, welches um das Jahr 1780 bekannt geworden ist, seit dem Jahre 1907 zu überaus praktischer Verwendung gelangt ist. Fußend auf diesem Experiment durchbohrt oder durchschneidet man nämlich seitdem selbst den besten Stahl in geradezu unheimlich schneller Weise; gelingt es doch z. B. auf diesem Wege eine 13 Zentimeter starke Stahlplatte in 10 Minuten auf einen Meter Länge zu zerschneiden. Hierzu hat man nichts weiter nötig, als einen solchen Stahlblock an einer Stelle mittels einer Knallgasflamme oder durch elektrischen Kurzschlußfunken auf die Verbrennungstemperatur des Eisens zu erhitzen, und jetzt Sauerstoffgas in feinem Strahl auf diese Stelle zu leiten. Dadurch wird der Stahl dauernd in Brand gehalten, und indem man mit dem „Schneidebrenner“ langsam über das zu zerteilende Stahlstück hinfährt, brennt es auf der vorgezeichneten Linie allmählich durch.

Wenn wir nun bedenken, daß der Kreislauf des Blutes vom Herzen bis zu seiner Rückkehr zu demselben, beim Menschen nur etwa 10 Sekunden erfordert, so können wir sehr wohl begreifen, daß sich auf dem Wege der Oxydation unsere Körperwärme gleichmäßig in allen Teilen des Körpers erhalten kann, obgleich wir ununterbrochen eine beträchtliche Menge von ihr an die kältere Umgebung abgeben müssen. Im fünften Vortrage werden wir das Gewicht des Kohlenstoffs, den wir täglich zu dem Zwecke verbrennen müssen, genauer kennen lernen. Aber schon aus dem bisher Mitgeteilten geht klar hervor, daß ohne genügenden Ersatz sich der Vorrat an Kohlenstoffverbindungen im Körper bald erschöpfen müßte, und hierdurch sowie zum Ersatz anderer Ausscheidungen sind wir gezwungen, genügende Mengen von Nahrungsmitteln aufzunehmen. Weil aber das Gewicht der Luft, welches ein Erwachsener täglich einatmet, etwa sechsmal so groß ist, wie das der täglich aufgenommenen Nahrungsmittel, ist es unbedingt nötig, auch auf die Reinheit der Atmosphäre zu achten, deren Hauptfeind der Rauch der Steinkohlenfeuerungen ist. Da doch viel Geld für Nahrungsmittelkontrolle ausgegeben wird, sollte man auch mit Mitteln gegen die Rauchplage nicht kargen.

Bevor wir jedoch zu den Nahrungsmitteln übergehen, die für einen jeden von uns als Grundlage unserer Existenz ein ganz besonderes Interesse bieten, wollen wir uns heute noch kurz mit der Verbrennung und das nächste Mal ausführlich mit der mit jeder Verbrennung verbundenen Feuererscheinung beschäftigen, weil sie durch den von uns bereits kennen gelernten Sauerstoff veranlaßt werden.

Zum Verbrennen benutzen wir im gewöhnlichen Leben Materialien, die recht reich an Kohlenstoff sind, seit uralten Zeiten z. B. Holz oder Torf, zu denen dann allmählich die Steinkohlen, Braunkohlen etc. hinzugekommen sind. Der Verbrennungsprozeß geht dabei in der Hauptsache so vor sich, daß der Kohlenstoffgehalt dieser Substanzen sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure verbindet, während gleichzeitig ihr meist recht geringer Wasserstoffgehalt zu Wasser verbrennt.

In der Kälte verbindet sich Kohlenstoff nie mit Sauerstoff; leitet man den Prozeß ihrer Vereinigung aber ein, so brennt geeignetes Material weiter fort, indem die direkt brennenden Teile so viele Wärme erzeugen, daß nun auch die benachbarten heiß genug zur Einleitung ihrer Verbrennung werden, d. h. so heiß, daß sich Kohlenstoff und Sauerstoff miteinander verbinden. Hier ist es noch nicht möglich, näher auf die jetzt so sehr vervollkommneten Methoden zur möglichsten Ausnutzung der Brennmaterialien einzugehen, aber bei der Besprechung der Metallurgie des Eisens, im elften Vortrage, werden wir zugleich mit den Methoden zur Gewinnung dieses Metalls Gelegenheit haben, sie ausführlich kennen zu lernen.

Doch ist hier die Frage zu erörtern, wie zündet man das Brennmaterial an, bringt das Feuer überhaupt in Gang? Heutzutage ist das sehr bequem, wir benutzen dazu Streichhölzer; doch sind diese bekanntlich erst seit etwa 70 Jahren im Gebrauch. Es wird wohl eine ewig ungelöste Frage bleiben, ob wirklich die ältesten Menschen durch Aneinanderreiben trockener Hölzer zuerst zum Feuer gekommen sind, oder ob sie nicht einem Blitzschlage in einen Baum zufällig seinen Besitz verdankten.

Gewiß ist es möglich, auf die eben genannte Weise Feuer zu erzeugen, und ist diese Methode noch bis zur Gegenwart von Reisenden bei entlegenen Völkerschaften im Gebrauch gesehen worden. Sie setzt aber so trockene Hölzer voraus, wie sie sich in unseren Breiten kaum im natürlichen Zustande vorfinden. Gerade die Schwierigkeit, neues Feuer zu bekommen, und die infolgedessen so wichtige Aufgabe, das vorhandene zu erhalten, läßt es verständlich erscheinen, daß bei allen älteren Völkern der Herd als die Stelle, an der dieser wichtige Besitz dauernd aufbewahrt wurde, als heilige Stätte galt.

Erst im späteren Mittelalter wurde das weit bequemere Verfahren erfunden, den Funken, welchen man beim Aufeinanderschlagen eines Stahlstückes und eines Feuersteins erhält, auf Zunder oder trockenen Schwamm fallen zu lassen, und so Feuer zu schlagen. Seit Anfang dieses Jahrhunderts treten dann vereinzelte Versuche auf, mit Hilfe irgend eines der Verfahren, nach denen man im chemischen Laboratorium Feuer erzeugen kann, — und diese Methoden sind sehr zahlreich — ein für die Allgemeinheit bequemes Feuerzeug herzustellen.

Bis zur erfolgreichen Verwendung des Phosphors[1]) für diesen Zweck, die bis um das Jahr 1830 zurückreicht, war aber das Ergebnis dieser Bestrebungen ein sehr geringes, indem die Methoden höchst unbequem und unzuverlässig und die Apparate teilweise geradezu gefährlich waren.

Ein junger österreichischer Techniker, Johann Irinyi, soll um jene Zeit, veranlaßt durch Experimente mit Phosphor, die er in einer Vorlesung sah, auf die passende Art seiner Verwendung für diesen Zweck verfallen sein. Doch schreiben andere Völker anderen die Erfindung zu. So gilt vielen Kammerer, ein Süddeutscher, als der Erfinder. Holzstäbchen, deren Spitzen in Schwefel getaucht waren, also Schwefelhölzer, waren bereits zur

1) Anmerkung: Von seiner Benutzung zu Feuerzeugen wird zum ersten Male im „Journal de l'Empire“ vom 20. Vendémiaire des Jahres 14 (12. Oktober 1805) gesprochen.



leichteren Übertragung von Feuer allgemein im Gebrauch. Der Erfinder befestigte nun auf dem Schwefel noch ein wenig Phosphor, womit das Zündholz fertig war. Der Phosphor entzündet sich, wie bekannt, schon durch Reibung, das Brennen überträgt sich sodann auf den Schwefel und von da weiter auf das Holz. Natürlich stellt sich in der Praxis die Herstellung guter Zündhölzchen lange nicht so einfach. Im Laufe der Jahre wurden sie aber allmählich in tadelloser Beschaffenheit geliefert.

Als Feuerzeug ist an diesen Zündhölzchen nichts mehr auszusetzen gewesen, aber ihre Nebeneigenschaften haben schließlich zu ihrem Ersatze, zu den sogenannten schwedischen Zündhölzern geführt.

Phosphor ist nämlich außerordentlich giftig, und so kam auf diesem Wege das Publikum ganz allgemein in den Besitz dieser gefährlichen Substanz. Sie war dazu auch für die Arbeiter in den Zündholzfabriken selbst verderblich, indem viele von ihnen an höchst traurigen Erkrankungen der Knochen zugrunde gingen.

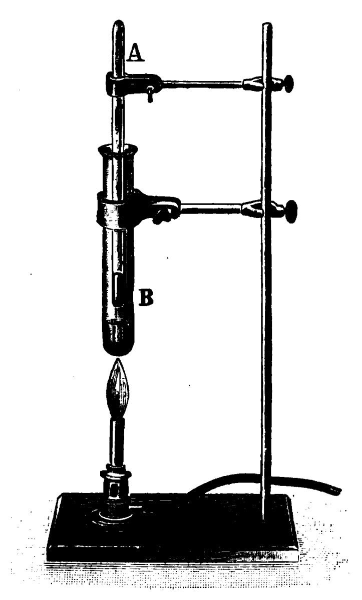


Fig. 6. Überführung von gelbem in roten Phosphor.

Der gewöhnliche Phosphor ist gelb, hat aber die merkwürdige Eigenschaft, wenn man ihn in einem geschlossenen Raume — offen erhitzt würde er natürlich verbrennen — zum Beispiel in einem mit einem dichtschließenden Deckel versehenen Kessel, einige Zeit auf 250° erhitzt, in ein rotes Pulver überzugehen, das nun den Namen roter Phosphor führt. Diesen Übergang können wir uns hier leicht in folgender Art vorführen. In die Glasröhre *A* füllen wir etwas gelben Phosphor, schmelzen sodann auch ihr zweites Ende zu und hängen sie in ein weiteres Glasrohr *B*. In dieses

geben wir eine Flüssigkeit, die bei 250° siedet. Nachdem wir jetzt diese Heizflüssigkeit, dieses Bad, wie man das nennt, durch die Flamme ins Kochen gebracht haben, wird das im Dampfe derselben hängende Glasrohr *A* bald auf 250° erwärmt sein, und wir sehen den gelben Phosphor allmählich sich in eine rote Masse verwandeln. So können wir dieses Erhitzen ohne alle Gefahr ausführen, während beim direkten Hineinhalten des mit dem gelben Phosphor beschickten Rohres in eine Flamme es leicht platzen und uns mit brennendem Phosphor, der zu den gefährlichsten Brandwunden Veranlassung gibt, überschütten könnte.

Der rote Phosphor ist nun nicht giftig, und viel schwerer entzündlich als der gelbe, ja so schwer entzündlich, daß Reiben allein ihn ohne weiteres nicht mehr zur Entflammung bringt. Er entzündet sich erst, wenn sehr sauerstoffreiche Chemikalien beim Reiben seine Entflammung begünstigen. Ein Gemisch, wie es für die Köpfe der sogenannten schwedischen Zündhölzer, die an sich ganz frei von Phosphor bleiben, verwendet wird, besteht daher z. B. aus 32 Teilen chlorsaurem Kali, 12 Teilen chromsaurem Kali, 32 Teilen Bleisuperoxyd und 34 Teilen Schwefelblei, von dem die drei ersten Substanzen sich durch großen Reichtum an Sauerstoff auszeichnen. Reibt man nun die an den Hölzchen befestigte sauerstoffreiche Mischung an einer Fläche, die mit rotem Phosphor bestrichen ist, wie wir sie an jeder Zündholzschachtel sehen, so tritt an der Reibungsstelle Entflammung ein, die sich auf das Hölzchen überträgt.

Bereiten wir uns ein wenig von der Mischung für diese Streichholzköpfe, was wegen etwaiger Explosionsgefahr vorsichtig geschehen muß, und entzünden sie, so verpufft sie vor unseren Augen mit jenem blauweißen Schein, den wir beim Entflammen dieser Art von Zündhölzchen zu sehen gewöhnt sind.

Zweiter Vortrag.

Natur der Flamme (I). Kerzen. Zusammensetzung der Fette. Öle. Petroleum. Kohlenwasserstoffe. Chemische Reinigung. Die Elemente. Die Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms. Die chemischen Formeln. Atom und Molekül. Destillation. Petroläther. Vaselin. Paraffin. Die Leuchtgasfabrikation und ihre Nebenprodukte. Natur der Flamme (II). Kochen auf Gas. Gasglühlicht. Acetylengas. Autogene Schweißung.

Die Verbrennung kohlenstoffhaltiger Substanzen dient uns bekanntlich nicht nur zur Erzeugung von Wärme, sondern auch zur Beleuchtung. Doch können nur solche kohlenstoffhaltigen Materialien, wie das Experiment gleich zeigen wird, eine Flamme geben und zur Beleuchtung dienen, welche sich bei der Verbrennung in Gase oder Dämpfe verwandeln.

Die stark kohlehaltigen Substanzen wie Holz, Steinkohle, Talg brennen also nur deshalb mit Flamme, weil sie unter dem Einfluß der Hitze brennbare Dämpfe und Gase entwickeln. „Die Flamme ist, wie sich hieraus ergibt, nichts anderes als ein verbrennendes Gasgemisch, welches die Hitze der Flamme selbst beständig neu aus dem Material, das verzehrt wird, bildet."

Zünden wir hier ein Stück Holz an, so brennt es mit Flamme. Haben wir aber aus dem Holze vorher alles, was sich verflüchtigen kann, ausgetrieben, indem wir es ohne Luftzutritt stark erhitzten, und so in Holzkohle, wie wir es dann nennen, verwandelten, so sehen wir, daß die Holzkohle, weil sie keine flüchtigen Substanzen mehr enthält, auch nicht mehr mit Flamme zu brennen, sondern, wenn sie angezündet wird, nur noch zu glimmen vermag.

Auf folgende Art können wir sogar geradezu das die Flamme erzeugende Gas aus der Flamme, z. B. aus einer Kerzenflamme,

herausziehen, und nachher als solches anzünden. Wir bringen zu dem Zwecke in die Flamme eine Glasröhre, deren Öffnung in eine Spitze ausgezogen ist (siehe Figur 7), während das andere Ende derselben in einem vollständig mit Wasser gefüllten zylinderförmigen Glase dicht unter dem Korkstopfen endigt. Ein zweites durch den Kork geführtes Glasrohr reicht dagegen bis an den Boden des Glaszylinders, und steht mit einem längeren Gummischlauche in Verbindung, der ebenfalls mit Wasser gefüllt ist,

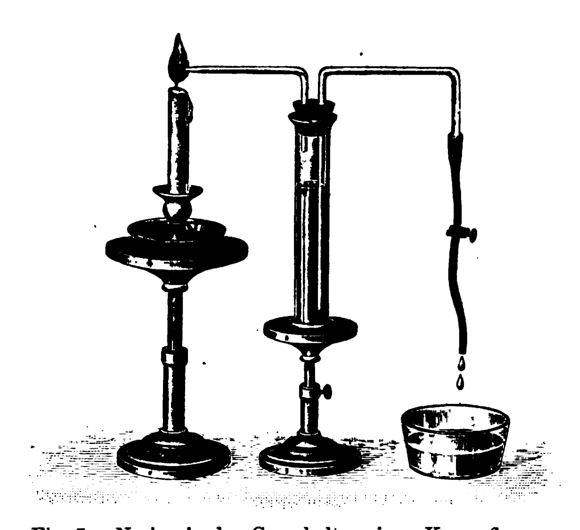


Fig. 7. Nachweis des Gasgehaltes einer Kerzenflamme.

also als Heber wirken kann. Läßt man jetzt aus dem Schlauche, indem man den an ihm befindlichen Quetschhahn ein wenig öffnet, sehr langsam Wasser ausfließen, so wird an der Spitze des Glasrohrs, also innerhalb der Kerzenflamme, eine Saugwirkung eintreten und ein Teil der Gase und Dämpfe aus der Flamme in den Zylinder hineingesogen, während sie selbst, weil wir ihr diesen Teil ihrer Nahrung entziehen, sich zugleich auffallend verkleinert. Man muß langsam saugen, damit nicht auch Luft mit in den Zylinder hineinkommt. Hat er sich schließlich mit den Gasen gefüllt, so öffnet man seinen Stopfen, und jetzt läßt sich sein Inhalt, also das Gas, welches wir aus der Flamme

der Kerze herausgesogen haben, anzünden, und brennt, wie wir sehen, ruhig ab, womit der Beweis für unsere Behauptung, daß innerhalb einer leuchtenden Flamme brennbare Gase vorhanden sind, erbracht ist. Erwähnt möge sein, daß das Wort Gas vom holländischen Chemiker van Helmont vor etwa 200 Jahren zuerst gebraucht worden ist. Er hat es aus dem griechischen Worte Chaos, welches etwa formlose Urmasse bedeutet, gebildet.

Nun wollen wir die drei Hauptmaterialien, die wir zu Beleuchtungszwecken benutzen, selbst näher kennen lernen. Es sind die Kerzen, die Öle und das Leuchtgas. Von der Elektrizität als Lichtquelle sehen wir hier natürlich ab. Sie hat mit der Chemie, soweit sie uns an dieser Stelle interessieren kann, nichts zu tun.

Die Kerzen repräsentieren diejenige Form, in welcher feste Leuchtstoffe Verwendung finden. In älteren Zeiten schmolz man zu ihrer Herstellung Talg, also ausgelassenes tierisches Fett in einem Gefäße und tauchte in dieses einen Docht. Durch mehrmaliges Wiederholen des Eintauchens kam man zur Talgkerze. Sie brannte nach unseren Begriffen sehr unvollkommen, hatte sehr bald einen Kopf, und mußte, um diesen zu entfernen, häufig mit der Lichtputzschere, einer heute bereits in Vergessenheit geratenen Scherenform, geputzt werden, wie es auch der Augenschein an dieser bei Beginn der Vorlesung angezündeten Talgkerze lehrt. Der Grund des unvollkommenen Brennens lag in folgendem. Wir wissen jetzt, daß durch die hohe Temperatur der Flamme der Talg zuerst in Gas verwandelt wird. Dies geschieht natürlich vom Dochte her, der das in seiner Nähe geschmolzene Fett aufgesogen hat, indem hier die Flamme die zur Vergasung nötige Hitze liefert. Die so entstandenen Gase gelangen dann an die umgebende Luft, und hier verbrennen sie, indem deren Sauerstoff ihren Kohlenstoffgehalt in Kohlensäure, ihren Wasserstoff in Wasser überführt.



Fig. 8. Brennende Talgkerze mit Kopf.

Der Docht selbst aber kommt nicht mit der Luft in Be-

rührung, da ihn die aufsteigenden Gase von ihr abschließen. So verkohlt er denn durch die Hitze, da sein Kohlenstoff aus Mangel an Sauerstoff nicht mitverbrennen kann, und schließlich hindert das angekohlte Ende, der sogenannte Kopf, die Flamme am gleichmäßigen Weiterbrennen. Dieses tritt erst wieder ein, wenn der Kopf entfernt, das Licht, wie man ehemals sagte, geputzt worden ist.

Uns erscheint diese Angelegenheit heute ziemlich belanglos, weil wir unter der Unbequemlichkeit des fortdauernden Putzens der Lichter nicht mehr persönlich leiden, aber bei Goethe heißt es noch in den Sprüchen in Reimen:

„Wüßte nicht, was sie besseres erfinden könnten,
Als wenn die Lichter ohne Putzen brennten."

Es muß wirklich wenig angenehm gewesen sein, wenn man die abendliche Lektüre vielleicht jede halbe Stunde unterbrechen mußte, um die Talgkerze zu putzen, deren Leuchtkraft inzwischen so gesunken war, daß ohne das Putzen ein Weiterlesen unmöglich wurde, und diese Zeit liegt noch nicht 70 Jahre hinter uns.

Die Talgkerzen werden also aus dem Fett, wie es die Natur liefert, hergestellt. Die chemische Untersuchung desselben, die um das Jahr 1800 zuerst mit Erfolg begonnen wurde, führte schließlich zu unseren heutigen Stearinkerzen. Diese Untersuchung lehrt, daß alle Fette, die dem Tier- oder Pflanzenreich entstammen, in zwei Hauptbestandteile zerlegt werden können, nämlich in mehrere Fettsäuren und in das Glycerin.

Im Fett der Tiere, z. B. im Rinderfett sind drei Fettsäuren mit dem Glycerin verbunden, welche die Namen Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure erhalten haben. Die ersten beiden sind feste Körper, die dritte ist eine Flüssigkeit. Je mehr ölsaures Glycerin ein Fett enthält, desto weicher ist es. So sind z. B. Schweineschmalz und Gänseschmalz sehr reich an dieser letzteren Verbindung. Die Zerlegung der Fette in ihre beiden Komponenten läßt sich fabrikmäßig unschwer ausführen, und das erhaltene Gemisch der drei Fettsäuren wird durch Abpressen möglichst von der Ölsäure befreit.

Der zurückbleibende, noch weiter gereinigte, weiße Kuchen, der, wenn er auch äußerlich zufällig noch den Fetten ähnlich sieht, trotzdem kein Fett mehr ist, sondern aus Stearinsäure und Palmitinsäure besteht, ist das Material für die Stearinkerzen. Man setzt ihm, bevor man ihn in Kerzenform gießt, noch 10 Prozent Paraffin — was das ist, lernen wir sogleich kennen — hinzu, wodurch das gleichmäßige Weiß, das wir an den Stearinkerzen zu sehen gewöhnt sind, erzielt wird. Das Gemisch von Stearinsäure und Palmitinsäure krystallisiert nämlich ohne diesen Zusatz beim Erkalten gern; infolgedessen würden die Kerzen gewisse Streifungen zeigen, was eben durch den Paraffinzusatz vermieden wird.

Während der Docht der Talgkerzen aus Fäden zusammengedreht wird, wird der Docht der weit härteren Stearinkerzen, nach CAMBACÈRES ebenso einfachem wie in seiner Wirkung unübertrefflichem Vorschlag, aus gedrehten Schnüren zusammengeflochten. Solche geflochtenen Dochte neigen sich, infolge der Spannung ihrer Fäden, während des Brennens der Kerze mit ihrer Spitze aus der Flamme heraus und verbrennen hier, da ihr verkohltes Ende jetzt außerhalb der Flamme durch den Luftsauerstoff, ebensogut wie das Kerzenmaterial selbst, völlig verzehrt wird. Weil es somit gar nicht mehr zur Bildung eines Kopfes kommen kann, wird das Putzen unnötig; die Stearinkerzen brennen ohne jede Hilfeleistung vollständig gleichmäßig ab.

Die Verwendung geflochtener Dochte für Talgkerzen ist aus dem Grunde unmöglich, weil der sich nach einer Seite biegende Docht ein übermäßiges einseitiges Abschmelzen des weichen Kerzenmaterials nach dieser Seite herbeiführen würde.

Außer diesen Kerzen haben wir noch die Wachskerzen zu erwähnen. Das Bienenwachs als tierisches Fett ähnelt diesem in chemischer Beziehung sehr. Es besteht wie dieses aus Fettsäuren und einem Alkohol; Glycerin gehört nämlich in chemischer Beziehung zur Klasse der Alkohole. Die Fettsäuren darin sind die Cerotinsäure und Palmitinsäure, die hier mit dem Myricylalkohol verbunden sind. Da das Bienenwachs härter als Talg

ist, fallen die daraus hergestellten Kerzen besser als die Talgkerzen aus.

Als flüssige Brennmaterialien hat man bis vor 30 Jahren hauptsächlich Olivenöl und Rüböl benutzt, die mit Hilfe eingetauchter Dochte, die den Kerzendochten entsprechen, in hierzu eingerichteten Lampen gebrannt wurden. In chemischer Beziehung stehen diese beiden Pflanzenöle den tierischen Fetten sehr nahe. Auch sie bestehen aus Fettsäuren und Glycerin, und sind sozusagen bei gewöhnlicher Temperatur flüssige Fette.

Ganz etwas anderes dagegen ist das heute weit mehr als die erwähnten Öle gebrauchte Petroleum. Petroleum ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen. Zumal wir diesen letzten Ausdruck öfters selbst in Tageszeitungen finden, müssen wir uns klar machen, was das bedeutet, und zu diesem Zwecke auf ein Viertelstündchen etwas näher auf die chemische Seite der Sache eingehen.

Man spricht in der Chemie von Elementen. Darunter versteht man Bestandteile von Körpern, die bis heute trotz aller darauf verwendeten Mühe nicht weiter zu zerlegen gewesen sind. Solcher Elemente kennt man gegen achtzig. Die meisten sind sehr selten, nur etwa zwanzig von ihnen spielen eine Rolle im täglichen Leben, und aus diesen wenigen Bausteinen baut sich die Welt auf, mit der wir für gewöhnlich zu tun haben. Daraus folgt, daß die Mannigfaltigkeit, nach der sie sich miteinander verbinden können, eine ganz erstaunliche sein muß, und so ist es in der Tat.

Nun ist dasjenige Element, welches alle anderen wiederum an Verbindungsfähigkeit bei weitem überragt, der Kohlenstoff. Die Mannigfaltigkeit, in der sich seine Atome mit Atomen anderer Elemente oder bei Gegenwart von Atomen anderer Elemente untereinander zu verbinden vermögen, übertrifft die aller anderen Elemente zusammengenommen. Und mit seiner Verwendung hat die Natur denn auch die kompliziertesten aller Dinge, nämlich die Lebewesen geschaffen. Daher kommt es, daß sich in allem, was zu Lebewesen gehört, Kohlenstoff findet, sei es im Kerne eines Apfels, sei es im Fleische der Tiere, sei es in ihrem Knochen-

gerüste, denn auch dieses ist mit Kohlenstoffverbindungen durchsetzt usw.

Die ganz unzählige Menge seiner Verbindungen läßt sich nun, wie man jetzt weiß, in ein leicht übersichtliches System bringen, wenn man zum Ausgangspunkte der Betrachtung seine Verbindungen mit dem Wasserstoff macht. Ein Atom Kohlenstoff vermag vier Atome Wasserstoff festzuhalten, was die Bindestriche andeuten. Das Atom Kohlenstoff ist vierwertig, wie man sagt. Wenn wir das aufzeichnen, so bekommen wir etwa folgendes Schema:

```
                 Wasserstoff
                      |
Wasserstoff—Kohlenstoff—Wasserstoff
                      |
                 Wasserstoff
```

Nun erwähnten wir schon, daß Kohlenstoffatome sich auch als solche untereinander verketten können, und diese Erkenntnis liefert z. B. neue Kohlenwasserstoffe, in denen also die Kohlenstoffatome sowohl sich untereinander als auch die Wasserstoffatome festhalten.

```
           Wasserst.   Wasserst.                        W   W   W
               |           |                            |   |   |
Wasserst.—Kohlenst.—Kohlenst.—Wasserst.   und   W—K—K—K—W
               |           |                            |   |   |
           Wasserst.   Wasserst.                        W   W   W
```

Wir haben hier bis zu drei Kohlenstoffatomen aneinander gehängt, und könnten das nun weiter fortsetzen. Diese Kette ist auch wirklich im Laboratorium bis zu 60 Kohlenstoffatomen aufgebaut worden. Solche Reihen können sich nun noch nach den verschiedensten Seiten verzweigen, ja schließlich können die Kohlenstoffketten nach Art eines Ringes in sich zurückkehren. Kurzum, wir sehen, die Anzahl der Kohlenwasserstoffe, die es geben kann, ist eine geradezu ungeheure. In unserem letzten Vortrage werden wir Gelegenheit haben, die maßgebende Rolle, welche speziell Körpern mit ringförmig gebundenen Kohlenstoffatomkomplexen als Arzneimitteln zukommt, ausführlich kennen zu lernen.

Wir haben bei unseren drei Kohlenwasserstoffen die Namen der beiden Elemente anfangs ausgeschrieben, und allmählich bis auf die Anfangsbuchstaben abgekürzt, ohne daß dadurch die Verständlichkeit der „chemischen Formeln“ gelitten hätte. Denn die Schreibweise des dritten Kohlenwasserstoffes auf Seite 24 ist bereits die einer wirklichen chemischen Formel. Hätte sich die Chemie nur in Deutschland entwickelt, die Chemiker würden die Formel so schreiben, wie sie oben steht. Die Chemie ist aber, wie jede Wissenschaft, in allen Kulturländern ausgebildet, und so hat man die Abkürzung für Kohlenstoff C dem lateinischen Carbo, also aus der Gelehrtensprache, entlehnt; der Abkürzungsbuchstabe für Wasserstoff H stammt vom Fremdworte Hydrogenium. Benutzen wir diese beiden Buchstaben als abkürzenden Ersatz unserer obigen Schreibweise, so sehen die drei Formeln so aus, wie wir sie in jedem chemischen Lehrbuche finden:

```
     H                H   H               H   H   H
     |                |   |               |   |   |
  H—C—H           H—C—C—H           H—C—C—C—H
     |                |   |               |   |   |
     H                H   H               H   H   H
```

Die Chemiker bezeichnen diese drei Kohlenwasserstoffe mit den Namen

Methan | Äthan | Propan

Eine große Reihe nun von Kohlenwasserstoffen, deren Anfangsglieder wir soeben im Methan, Äthan und Propan kennen lernten, findet sich speziell im amerikanischen Petroleum.

Das erste Glied dieser Reihe, also das Methan, welches sehr reich an Wasserstoff, dem leichtesten aller Elemente ist, ist ein Gas. Es bildet sich z. B. auch bei der Fäulnis in Gegenwart von vielem Wasser, und steigt deshalb aus Sümpfen auf. Daher führte es in älteren Zeiten den Namen Sumpfgas. Die Chemiker nennen es also jetzt Methan.

Seine Gewinnung aus einem Sumpf bereitet weniger Schwierigkeit als man von vornherein anzunehmen geneigt ist. Man hat nur nötig einen weiten Trichter mit der Öffnung nach unten hineinzustecken, dann müssen doch die unter diesem sich sammelnden Gasblasen durch das Rohr des Trichters entweichen, und

können in mit letzterem passend verbundenen Apparaten leicht aufgefangen werden.

Der nächste Kohlenwasserstoff, das Äthan, dessen Molekül (siehe sogleich weiterhin) schon acht Atome umfaßt, ist ebenso wie der folgende Kohlenwasserstoff das Propan, der aus elf Atomen besteht, noch gasförmig. Dieser dritte findet sich im Rohpetroleum.

Bevor wir in unserer Betrachtung fortfahren, erfordert der soeben gebrauchte Ausdruck Molekül eine Erklärung. Die kleinsten nicht mehr zerlegbaren Teile von Elementen bezeichnen wir also als Atome, ein dem Griechischen entstammendes Wort, das unteilbar bedeutet. Alle nicht elementaren Körper müssen nun doch selbst in ihren kleinsten Teilchen immer noch aus den Atomen ihrer sie zusammensetzenden Elemente bestehen; ein solches kleinstes Teilchen eines nicht elementaren Körpers nennen wir Molekül. Das kleinste Teilchen Kohlenwasserstoff, das wir uns vorstellen können, ist also z. B. ein Molekül, weil es immer noch aus Kohlenstoffatomen und Wasserstoffatomen zusammengesetzt ist.

Der Kohlenwasserstoff, welcher vier Kohlenstoffatome enthält, ist bereits eine Flüssigkeit, die allerdings schon bei 1° siedet. In diesem Sinne geht es nun weiter. Entsprechend der wachsenden Anzahl von Kohlenstoffatomen im Molekül des Kohlenwasserstoffs erhöht sich der Siedepunkt des Kohlenwasserstoffs. So siedet das im Petroleum sich findende Hexan, das sechs Kohlenstoffatome enthält, erst bei 70°. Mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt werden die Verbindungen auch immer konsistenter und schließlich sogar fest.

Im Rohpetroleum finden sich die Kohlenwasserstoffe also in großer Zahl. Wird dieses in einem Kessel so erhitzt, daß, was bei der erhöhten Temperatur flüchtig ist, also in den gasförmigen Zustand übergeht, in einer Kühlvorrichtung abgekühlt und dadurch wieder verflüssigt werden kann, in der Art etwa, wie es die Abbildung 9 wiedergibt, so entweichen bei dieser Destillation, wie man das nennt, zuerst aus dem Kühler gasförmige Verbindungen,

die das Rohpetroleum gelöst enthält, weil die Kühlvorrichtung die Gase nicht wieder zu verflüssigen vermag. Sodann kommen die niedrig siedenden Anteile, die sich im Kühler wieder verflüssigen, und unter den Namen Benzin oder Petroläther im Handel sind.

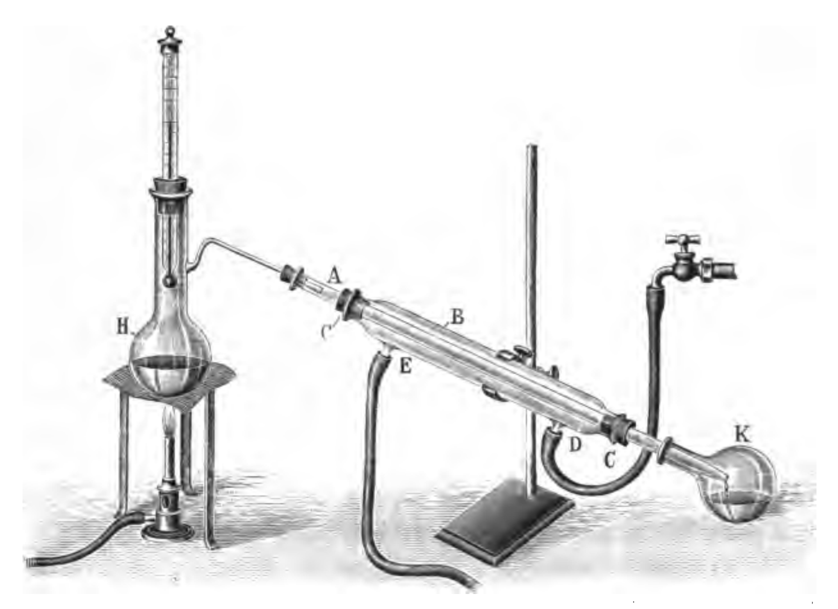


Fig. 9. **Destillationsapparat.**

Der hier wiedergegebene Destillationsapparat ist der in den Laboratorien zumeist gebrauchte. In dem durch eine Flamme erhitzten Glaskolben *H* steigen aus der siedenden Flüssigkeit die Dämpfe auf, und gelangen durch die seitlich angeschmolzene Röhre in das innere Rohr des Kühlers *A*, welches von einem weiteren Rohr umgeben ist. Das weitere Rohr *B* ist vermittels zweier Korke *C* dicht mit *A* verbunden, so daß zwischen beide Rohre hindurch mittels des Einlaufes *D* und Ablaufes *E* fortdauernd Wasser geleitet werden kann. Infolge der so bewirkten Abkühlung verflüssigen sich die Dämpfe wieder im Innern des Rohres *A* und gelangen als Tropfen in die Vorlage *K*. Ein in dem Siedekolben befestigtes Thermometer gestattet, die Temperatur, bei welcher die Destillation vor sich geht, zu bestimmen. In Fabriken bedient man sich für Destillationen ähnlicher Vorrichtungen, die für den Großbetrieb passend abgeändert sind. Selbstverständlich macht man hier die Apparate aus Metall, nicht aus Glas.

Benzin gibt öfters Veranlassung zu Explosionen, und zwar aus folgendem Grunde. Bei seiner Leichtflüchtigkeit verteilt es sich sehr reichlich in der Luft, sagen wir eines Zimmers. Kommt nun dieses Gemisch von Luft und Benzin mit einer Flamme in Berührung, so verbrennen die Benzindämpfe mit dem reichlich vorhandenen Sauerstoff der Luft ganz plötzlich zu Kohlensäure und Wasser, welche plötzliche Verbrennung mit einer Explosion verbunden ist. Deswegen soll man mit diesem Material, welches so viel zum Entfernen von Fettflecken und ähnlichem benutzt wird, im Hause nur am Tage und womöglichbei offenem Fenster arbeiten.

Dieses Benzin ist auch das Mittel, mit welchem die chemischen Waschanstalten arbeiten. Ursprünglich hat man in diesen Waschanstalten die Flecken so gut wie möglich aus den Geweben entfernt, und das unzertrennte Kleidungsstück durch mehrere mit Benzin gefüllte Gefäße nacheinander hindurchgezogen, so daß der Stoff im letzten Gefäße schon fast rein nochmals mit reinem Benzin ausgewaschen wurde. Zu ihrer vollen Bedeutung kam diese Reinigungsmethode aber erst, als im Jahre 1894 das Saponin in den Handel gebracht wurde. Saponin ist eine Seife, welche sich in Benzin leicht löst. Dadurch erhielt das Benzin, das bis dahin mehr als Extraktionsmittel für Fette wirkte, nunmehr auch wirkliche Wascheigenschaft, ähnlich wie diese auch beim Wasser erst nach Zusatz von Seife eintritt. Die Mode des letzten Jahrzehnts, sich hell zu kleiden, verdankt dieser Erfindung geradezu ihre weite Verbreitung, denn nur dadurch wurde es möglich statt einheitlicher Kostüme helle Blusen zu dunklen Röcken zu tragen. Ehemals mußten derartige Blusen, sobald sie unansehnlich wurden, dunkel gefärbt werden, heute werden sie chemisch gereinigt.

Ist das Benzin aus dem Rohpetroleum abdestilliert, so steigt der Siedepunkt der übergehenden Dämpfe allmählich weiter, was man an dem im Apparate befestigten Thermometer erkennt. Von einem bestimmten Punkte ab fängt man das Destillat für sich auf, indem man die Vorlage wechselt; so kommt man zu unserem gebräuchlichen Petroleum. Dieses Handelspetroleum muß jetzt

nach dem Gesetze fast aller Staaten bestimmten Ansprüchen hinsichtlich seiner Entflammbarkeit entsprechen, und diese Ansprüche sind so hoch gestellt, daß dadurch eine Explosion während des Brennens in unseren gewöhnlichen Lampen so gut wie ausgeschlossen ist. Vor dieser gesetzlichen Regelung kam es wohl manchmal vor, daß das Handelspetroleum noch Anteile, die heute zum Benzin kommen, enthielt, die sich im Bassin der Lampe verflüchtigten. Sobald hierauf die Mischung zwischen diesen Dämpfen und der Luft im Bassin die geeignete war, explodierte das Gemisch von Kohlenwasserstoffen und Luft durch Entzündung an der Flamme der Lampe und zertrümmerte sie.

Der Rückstand des amerikanischen Rohpetroleums, welcher, nachdem das eigentliche Petroleum abdestilliert ist, in der Destillierblase zurückbleibt, zeigt eine butterähnliche Konsistenz und wird auf Vaselin verarbeitet. Dagegen hinterbleiben bei der Gewinnung von Petroleum aus russischem Rohpetroleum Rückstände, die bei ihrer Weiterverarbeitung Schmieröle liefern.

Auch das Seite 22 erwähnte Paraffin ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen, welche aber infolge ihrer hochmolekularen Konstitution, d. h. ihres hohen Kohlenstoffgehalts im Molekül, bei gewöhnlicher Temperatur fest sind. Sie entstammen nicht dem Petroleum, sondern meist dem Teer, welchen Braunkohlen liefern, wenn sie trocken destilliert werden, — wir kommen gleich auf diese Prozedur zurück. — Die Braunkohlenteerindustrie wird namentlich in Mitteldeutschland, und zwar ganz besonders zur Gewinnung von Paraffin, im größten Maßstabe betrieben.

Natürlich kann man, wie leicht einzusehen ist, schon aus Paraffin allein Kerzen herstellen, und dies geschieht auch. Doch erfreuen sich diese keiner großen Beliebtheit, zumal ihr durchscheinendes Weiß viel weniger schön als das reine Weiß der Stearinkerzen ist. Auch biegen sie sich, wenn sie die Länge derselben haben, häufig durch ihre eigene Schwere schon krumm.

Nachdem uns nunmehr die Begriffe Atom und Molekül klar sind, können wir auch leicht verstehen, was Ozon ist, über das

wir noch nähere Mitteilungen zu machen haben (siehe Seite 9). Das Ozon kommt, wie dort erwähnt, als besondere Modifikation neben dem gewöhnlichen Luftsauerstoff vor. Weiter lehrt uns die Überlegung, daß jedes kleinste Teilchen Sauerstoffgas, das frei in der Luft vorkommt, immer noch mindestens aus zwei Atomen bestehen, immer ein Molekül sein wird, und zwar aus folgendem Grunde: Wir müssen allen Elementen das Bestreben zuschreiben, sich mit anderen Elementen verbinden zu wollen. Denn wenn wir den Atomen der Elemente dieses Vereinigungsbestreben nicht zuerkennen, ist nicht einzusehen, wie überhaupt Verbindungen sich bilden sollen, indem sie ohne diese Eigenschaft seit aller und in alle Ewigkeit, jedes für sich neben dem andern existieren würden.

Wenn nun Elemente frei als solche, wie z. B. der Sauerstoff in der Luft, vorkommen, so zeigt sich das Verbindungsbestreben ihrer Atome darin, daß immer ein Atom des betreffenden Elementes ein zweites festhält, indem beide auf diese Art ihre Verbindungskraft gegenseitig möglichst ausgleichen. Auf diesem Wege sind also die Moleküle des gewöhnlichen Luftsauerstoffs entstanden. Nun kann beim Sauerstoff unter gewissen Bedingungen, z. B. wenn man durch ihn elektrische Funken schlagen läßt, in der Natur also bei einem Gewitter — es gibt aber auch noch andere Ursachen dafür — der Fall eintreten, daß statt zweier Atome sich drei gegenseitig festzuhalten suchen. Die Bindung zwischen diesen dreien ist dann aber nicht sehr fest, und das dritte Atom reißt sich wieder los, sobald sich ihm nur Gelegenheit bietet, sich mit etwas anderem zu vereinigen. Diese Modifikation des Sauerstoffs, deren kleinste Teilchen also aus drei Atomen bestehen, hat nun den Namen Ozon erhalten.

O—O	O—O \O/
Ein Molekül Sauerstoff	**Ein Molekül Ozon**

Wir haben jetzt von den Beleuchtungsmaterialien noch das Leuchtgas zu besprechen, an welches sich das Acetylengas anschließen soll.

Wenn wir in dem in der Abbildung wiedergegebenen ge-

schlossenen eisernen Rohre *A*[1]) Materialien wie Holz, Torf, Steinkohle möglichst stark erhitzen, sie der trockenen Destillation unterwerfen, wie man das nennt, so wird aus ihnen, was von diesen Substanzen flüchtig ist, in Form von Gasen und Dämpfen ausgetrieben werden und durch die Rohrleitung nach dem Gefäß *C* gelangen. Dämpfe nennt man nun solche Luftarten, welche sich durch Abkühlung bei gewöhnlicher Temperatur wieder verflüssigen, Gase sind dagegen diejenigen Luftarten, welche bei gewöhnlicher



Fig. 10. Leuchtgasanstalt für Vorlesungszwecke.

Temperatur luftförmig bleiben. Daher wird, was sich bei gewöhnlicher Temperatur von dem durch die Hitze Verflüchtigten wieder verflüssigen kann, werden also die Dämpfe sich in *C* als Teer und sogenanntes Ammoniakwasser niederschlagen. Was dagegen auch bei gewöhnlicher Temperatur luftförmig bleibt, wird als Gas weiter durch das Gefäß *D* strömen und sich schließlich in der Glasglocke *E*, welche als Gasbehälter dient, sammeln (siehe Figur 10).

Wir können hier sehr wohl das Wort Gasbehälter gebrauchen, da unser Apparat eine Gasanstalt im kleinen in ihren Grundzügen repräsentiert.

---

1) Anmerkung: Wir benutzen zum Erhitzen dieses Rohres den in der Abbildung gleichfalls wiedergegebenen langgestreckten Gasofen *B*.

In den wirklichen Gasanstalten benutzt man fast nur Steinkohlen als Ausgangsmaterial und verwendet statt großer eiserner Röhren solche aus feuerfestem Ton, sogenannter Chamotte, weil sie der Hitze des Feuers auf die Dauer besser widerstehen. 100 Kilogramm gute Steinkohle liefern etwa 28000 bis 30000 Liter Gas, die ca. 18 Kilo wiegen, außerdem noch gegen 5 Kilo Teer nebst 4 Kilo Ammoniakwasser, sowie als nichtflüchtigen in der Retorte bleibenden Rückstand ca. 70 bis 75 Kilo Koks, wie der Name dafür lautet.

Den Teer entzieht man im großen dem Leuchtgas durch Abkühlen, welchen Zweck hier im kleinen die freistehende Flasche *C* erfüllt. Nachdem das Leuchtgas vom Teer befreit ist, bringt man es mit Wasser in Berührung, wäscht es, wie der Ausdruck dafür lautet. Im Wasser lösen sich diejenigen seiner Bestandteile auf, die nun einmal darin löslich sind. Der bei weitem wichtigste von diesen, auch der Menge nach, ist das Ammoniakgas, das die Beschaffenheit des Leuchtgases, wenn es darin bliebe, nur verschlechtern würde.

Ammoniakgas besteht aus Stickstoff und Wasserstoff. Indem diese beiden Elemente in den Steinkohlen in Form weit komplizierter zusammengesetzter Körper vorhanden sind, bildet es sich aus ihnen bei der hohen Temperatur der Retorten durch Übergang der komplizierten Substanzen in die verhältnismäßig einfache Verbindung. Das Ammoniakgas ist in Wasser sehr löslich, und Ihnen allen in dieser gelösten Form unter dem Namen Ammoniak- oder Salmiakgeist als scharfriechende Flüssigkeit bekannt. Wozu die großen Massen Ammoniak, welche die gesamten Gasanstalten der Erde liefern, Verwendung finden, werden wir Seite 54 kennen lernen.

In unseren Apparat haben wir noch ein Gefäß *D* eingeschaltet. Dieses entspricht wiederum der in den Gasanstalten angewandten weiteren Vorrichtung zur Reinigung des Gases, wenn wir in dasselbe Eisenoxydhydrat geben. Als solches dient der sich in der Natur vielfach findende Raseneisenstein, welcher die genannte chemische Zusammensetzung hat, und nur fein gemahlen zu

werden braucht. Das Eisenoxydhydrat hat den Zweck, dem Leuchtgase schwefelhaltige Gase zu entziehen, indem es mit deren Schwefel zu Schwefeleisen zusammentritt. Der Schwefel, welcher nämlich im Gase bleibt, verbrennt, wenn man es anzündet, zu schwefliger Säure, einem gasförmigen Körper, dessen scharfer Geruch einem jeden vom brennenden Schwefel her bekannt ist, ja, er verbrennt teilweise sogar durch die Hitze der Leuchtgasflamme bis zur Schwefelsäure.

Das Eisenoxydhydrat entfernt so ziemlich allen Schwefel aus dem Gase, bis auf den einer Verbindung, welche den Namen Schwefelkohlenstoff führt. Seine Menge ist im Gase recht gering, die Abscheidung im Großbetriebe aber eine von der Gastechnik bis heute nicht gelöste Aufgabe.

Das auf die angegebene Art in den Gasanstalten gereinigte Gas wird also in Gasbehältern gesammelt, und von diesen mittels Rohrleitungen nach den Orten, an denen es Verwendung finden soll, geleitet. Wir können das von uns hergestellte hier, wenn wir den Hahn *H* öffnen, anzünden, und sehen es jetzt mit seiner leuchtenden Flamme brennen.

Von der Zusammensetzung eines Leuchtgases möge folgende Analyse ein Bild geben:

Wasserstoffgas	45,2	Volumprozente
Methan (siehe Seite 25)	35,0	„
Sonstige Kohlenwasserstoffe	4,4	„
Kohlenoxydgas	8,6	„
Stickstoff	4,8	„
Kohlensäure	2,0	„
	100,0	Volumprozente.

Bei seinem Verbrennen bildet sich, wie wir uns jetzt schon sagen können, aus seinem Gehalt an Kohlenstoff kohlensaures Gas, aus seinem Gehalt an Wasserstoff Wasser, letzteres bei der hohen Temperatur sogleich in Gasform. So verschwindet denn durch das Verbrennen das Leuchtgas scheinbar völlig, indem es in zwei geruchlose, farblose Luftarten übergeht.

Außerdem gelangt also bei seinem Verbrennen infolge seines spurenweisen Gehalts an schwefelhaltigen Verbindungen stets

etwas schwefligsaures Gas in die damit erleuchteten Wohnräume. Dieses schwefligsaure Gas ist Ursache, daß in solchen Räumen Zimmerpflanzen nicht gedeihen wollen. Schweflige Säure ist nämlich jedem Pflanzenwuchs höchst verderblich. Die geringe Menge, um die es sich hier handelt, ist für Menschen, wie die Erfahrung zeigt, glücklicherweise völlig unschädlich.

Der Schwefel verbrennt, wie erwähnt, teilweise sogar zu Schwefelsäure. Diese sehen wir schließlich an den Zylindern von Gaslampen, die nicht sehr oft gereinigt werden, in Form von Flecken. Die Schwefelsäure als Flüssigkeit setzt sich nämlich in Form feinster Tröpfchen an ihnen ab; da sie eine stark ätzend d. h. zerstörend wirkende Substanz ist, verkohlt sie hineinfallende Staubteilchen. Hiermit erklärt sich also die Eigenschaft der Cylinder der Gaslampen, allmählich bräunliche Flecke zu zeigen, eine Erscheinung, die man an Zylindern, die auf Öl- oder Petroleumlampen Verwendung finden, nie wahrnimmt, da diese Brennstoffe schwefelfrei sind.

Nun noch das weitere über die Natur der leuchtenden Flamme, wie sie Davy zuerst erkannt hat, da es sich am bequemsten an der Gasflamme klar machen und zeigen läßt. Daß in einer leuchtenden Flamme reichlich Kohlenstoff vorhanden ist, sehen wir, wenn wir etwa einen Porzellanteller hineinhalten. Infolge der dadurch bewirkten Abkühlung schlägt er sich in Form von Ruß darauf nieder. Dieser Kohlenstoff war durch die Hitze in der Flamme selbst aus den Kohlenwasserstoffen ausgeschieden worden; da er infolge der hohen Temperatur der Flamme gleichzeitig weißglühend wurde, hat er deren Leuchten bewirkt. Gelangt er schließlich am Rande der Flamme mit dem Luftsauerstoff in Berührung, so verbrennt auch er zu kohlensaurem Gas, und verschwindet, indem er in dieser Form in die Umgebung entweicht. Daß dieses sich wirklich so verhält, läßt sich leicht experimentell zeigen. Diejenigen von Ihnen, welche auf Gas kochen, ein wegen seiner Bequemlichkeit sich heute mit Recht immer mehr in den Küchen einführender Fortschritt, entleuchten in ihren Apparaten stets die Flammen, die nun, da keine Aus-

scheidung von Kohlenstoff mehr stattfindet, die Geschirre nicht berußen. Die Chemiker, die seit 50 Jahren an den Orten, in denen es Gas gibt, es zu Kochzwecken verwendet haben, benutzen hierfür den schon damals von Bunsen erfundenen Brenner, der seitdem mit der nötigen Adaptierung auf die heutigen Gaskochapparate übertragen worden ist.

Unsere Abbildung gibt den Bunsenbrenner sowohl in seinen einzelnen Teilen *ADH* wie als ganzes *R* wieder. Zum Fuß *A* als Träger des Brenners wird das Gas mittels Schlauches bei *B* zugeleitet. Es strömt dann aus der Spitze *C* aus. Zünden wir es hier an, so brennt es mit der gewöhnlichen leuchtenden Flamme. Doch wird der Brenner nie in dieser Art gebraucht, sondern man befestigt mittels des Schraubengewindes über der Spitze *C* das Rohr *D*, welches in der Höhe der Spitze *C* einige Löcher *E* hat. Strömt jetzt Gas bei *C* aus, so wird es, durch das Rohr *D* aufwärts strömend, zugleich durch die Löcher *E* Luft ansaugen, sodaß an der Endöffnung *F* nunmehr ein Gemisch von Leuchtgas und Luft ankommt. Die ebenfalls mit Löchern versehene Hülse *H* ist um das Rohr *D* verschiebbar, und ermöglicht die Regulierung der Luftzufuhr zum Brenner. Zünden wir ihn jetzt an seiner um das Rohrstück *D* verlängerten Endöffnung an, so leuchtet die Flamme nicht mehr, indem darin soviel Luft vorhanden ist, daß deren Sauerstoff sofort die Verbrennung des gesamten im Leuchtgase vorhandenen Kohlenstoffs bewirkt, wobei gleichzeitig durch diese intensive

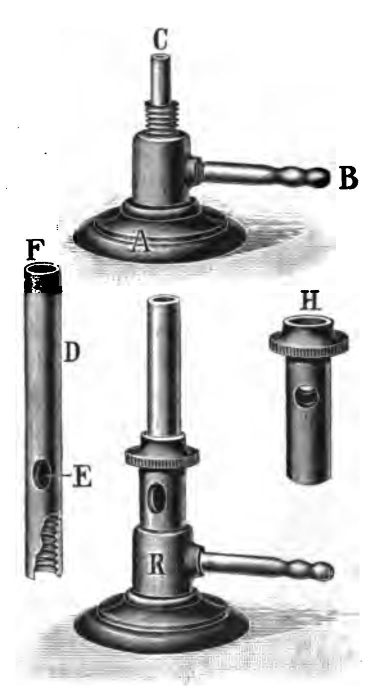


Fig. 11. Die einzelnen Teile und der zusammengesetzte Bunsenbrenner.

Verbrennung ein großer Heizeffekt erzielt wird. Halten wir die Löcher am äußeren Rohr zu, sperren also die Luftzufuhr ab, so leuchtet die Flamme, wie zu erwarten, sofort wieder.

Eine ganz entsprechende Einrichtung findet sich also an allen Gaskochapparaten. Auch hier sehen Sie stets gleich hinter dem Hahn das Gas aus einer Spitze ausströmen und daneben einige Öffnungen für den Lufteintritt in dem weiteren Rohre, welches das Gemisch von Gas und Luft zur Verbrennungsstelle unter die Kochgeschirre leitet, unter denen es mit nichtleuchtender Flamme verbrennt.

Die entleuchtete Flamme gibt, wie erwähnt, infolge der momentanen Verbrennung ihres gesamten Kohlenstoffgehalts eine sehr große Hitze. Halten wir z. B. ein Bündel Platindraht — Platin wird selbst bei dieser Temperatur nicht im geringsten verändert — hinein, so gerät es in ein starkes helles Glühen, strahlt Glühlicht aus. Der neueste auf dem Gebiete der Gasbeleuchtung gemachte gewaltige Fortschritt, das Gasglühlicht, stellt diesen Vorgang in großer Vervollkommnung dar.



Fig. 12. Gasglühlichtbrenner.

Auch beim Gasglühlicht wird die Flamme durch Luftzufuhr wie beim Bunsenbrenner entleuchtet, und sehen wir zu diesem Zweck unten an jedem solchen Brenner mehrere — meist vier — kleine Öffnungen neben der Einströmungsstelle des Gases. Die nichtleuchtende sehr heiße Flamme bringt sodann einen darin hängenden Hohlkegel, für gewöhnlich Strumpf genannt, in starke Glut. Der Kegel besteht aus Oxyden recht seltener Elemente, nämlich aus Ceroxyd und Thoroxyd, von denen den Chemikern schon lange bekannt war, daß sie beim Erhitzen ein sehr helles Licht ausstrahlen. Doch ist die Verwertung dieser Eigenschaft für das tägliche Leben erst Auer geglückt, und auch dieser hat lange darüber gearbeitet. Die vor ihm erfundene Herstellung des Glühkörpers ist die, daß ein Baumwollengewebe in Strumpfform mit gelöstem

Cer- und Thoroxyd getränkt und nachher verbrannt wird. Das unverbrennliche Cer- und Thoroxyd behält hierbei die Form des Gewebes bei und bildet nunmehr den so zerbrechlichen Glühstrumpf. Bereits 1885 hatte er ein Glühlicht für Zimmerbeleuchtung hergestellt, aber brauchbar wurde es erst im Oktober 1891, und seitdem ist auch noch sehr viel daran verbessert worden, indem man allmählich durch richtige Mischung der beiden Oxyde dahin kam, seine ursprünglich fahle mondscheinartige Farbe in ein dem Auge angenehmes Weiß zu verwandeln. Während also bei der alten Gasbeleuchtung der sich in der Flamme ausscheidende glühend werdende Kohlenstoff das Licht hergibt, glühen an seiner Statt im Auerlicht die Oxyde der genannten Metalle, die nun einmal von Natur aus die Begabung haben, viel helleres Licht auszustrahlen.

Daß hohe Temperaturen auf Körper aller Art verändernd wirken, ist eine Erfahrung, die wir täglich machen. Seitdem

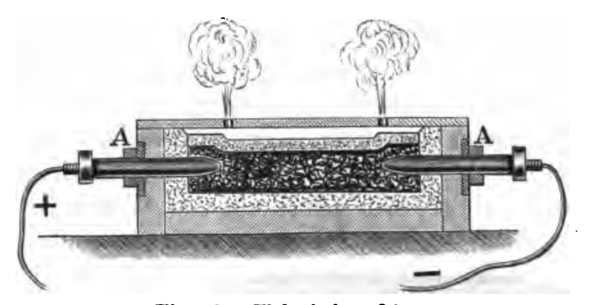


Fig. 13. Elektrischer Ofen.

Temperaturen zur Verfügung stehen, die alles frühere in den Schatten stellen, hat man manche neuen Verbindungen leicht herzustellen gelernt, die vorher zu erhalten kaum möglich oder geradezu unmöglich war. Temperaturen nun, die höher sind als alle ehemals gekannten, trifft man zwischen den Kohlenspitzen der elektrischen Bogenlampen. Läßt man diese z. B. in einem Gemisch von Kohle und Kalk brennen, erhitzt man das Gemisch beider im elektrischen Ofen, wie man das nennt, so tritt eine Einwirkung dieser beiden Körper aufeinander ein. Es entsteht



eine Substanz, die man Calciumcarbid genannt hat. Ihr Entdecker ist Moissan. Dieses Calciumcarbid ist, da es sich bei den höchsten Temperaturen bildet, als höchst feuerbeständig zu bezeichnen. So beständig es hohen Temperaturen gegenüber ist, so wenig beständig ist es aber schon gegenüber kaltem Wasser. Sobald es damit übergossen wird, ändert es sich völlig, und gibt ein Gas aus, das auf andere Weise schon früher von den Chemikern erhalten wurde, und seit langem bei ihnen Acetylengas heißt. Ehemals sehr schwierig darstellbar und deshalb sehr kostspielig, ist das Acetylen jetzt mit Hilfe des Calciumcarbids, das der elektrische Ofen liefert, so billig geworden, daß es, da zu seiner Darstellung doch nur Calciumcarbid mit Wasser übergossen zu werden braucht, im Januar 1895 anfing, eine Rolle als Beleuchtungsmittel zu spielen.

Willson hat dieses zuerst ernstlich in Vorschlag gebracht. Aber die Laufbahn des Acetylens ist nicht jene unerhört glänzende geworden, die man ihm glaubte voraussagen zu sollen. Die Neigung des menschlichen Gemüts, neues zu überschätzen, hat sich auch hier geltend gemacht. Jetzt ist man schon seit geraumer Zeit zur Überzeugung gekommen, daß es ein schwerer Nachteil gegenüber der steten Gebrauchsfertigkeit des alten Gaslichtes und der elektrischen Beleuchtung, die von Zentralanstalten geliefert werden, ist, sich selbst ein Gas täglich für den Hausbedarf in einer kleinen Privatgasanstalt herstellen zu sollen. Doch ist das Acetylen auf einem Gebiete, an das ursprünglich niemand denken konnte, zu einer Verwendung gekommen, aus der es nicht wieder verdrängt werden kann. Verbrennt man nämlich Acetylengas statt an der Luft mit Sauerstoffgas (siehe Seite 7), das man heutzutage aus der Luft herzustellen versteht und billig in Stahlflaschen verkauft, so entsteht eine außerordentlich heiße Flamme. Der hierzu nötige Brenner hat folgende Ein-

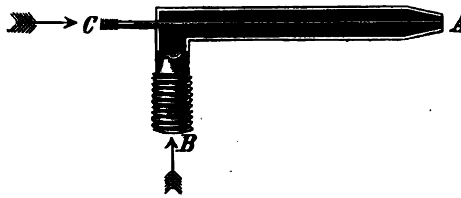


Fig. 14. Brenner zum Anblasen der Acetylengasflamme mit Sauerstoffgas.

richtung: Bei *B* leitet man das Acetylengas in ihn hinein und zündet es an und durch *C* strömt das Sauerstoffgas zu. Dadurch bildet sich bei *A* die mit Sauerstoffgas angeblasene Acetylengasflamme. In dieser heißen Flamme schmelzen selbst dicke Stahlstücke augenblicklich. Darauf beruht nun die „autogene Schweißung", welche in zahllosen Fällen zwei Eisenstücke weit bequemer, als noch vor fünf Jahren möglich war, miteinander zu verschweißen erlaubt. Will man nämlich zwei Eisenstücke auf die alte Art durch Schweißen zu einem Stück vereinigen, so muß man sie an den zu vereinigenden Stellen weißglühend machen und zusammenhämmern. Die Ausführung dieses Verfahrens z. B. an zwei mehrere Meter langen Blechplatten ist auf diese alte Art natürlich nur in Fabriken möglich. Jetzt aber kann jeder Handwerker diese Arbeit mittels der autogenen Schweißung in seiner Werkstätte ausführen. Er legt die beiden Stücke aneinander, auf dieselben einen Eisendraht als Lieferanten für weiteres Eisen, und leitet die Flamme des mit Sauerstoff angeblasenen Acetylengases hinauf. Sogleich schmilzt das Eisen an der von der Flamme getroffenen Stelle zu einer dünnen Flüssigkeit und nach dem Erkalten sind die beiden Stücke tadellos miteinander autogen verschweißt.

Dritter Vortrag.

Ernährung der Pflanzen. Düngung. Brache. Künstlicher Dünger. Die Knochen. Das Superphosphat. Die Kalisalze. Stickstoffdüngung. Basen, Säuren und Salze. Mutterlauge. Ernährung der Menschen und Tiere. Verdauungsversuche. Eiweiß. Fette. Kohlenhydrate. Die Milch und ihr Gerinnen. Käse. Soxlehtscher Apparat. Fibrin. Serum. Kraftfutter. Leim.

Wir kommen nunmehr zu den Nahrungsmitteln.

Die Erde besteht aus totem Material, nämlich dem Erdboden und der ihn umgebenden Atmosphäre. Auf diesem und darin leben Pflanzen und Tiere. Die Pflanzen vermögen ihren ganzen Lebensbedarf dieser toten Materie zu entnehmen. Die Tiere vermögen das nicht, sondern sind zu ihrer Ernährung direkt oder indirekt auf das Pflanzenreich angewiesen.

Ein Baum steht z. B. Jahrhunderte lang an seinem Platze. Die Natur liefert ihm alles zu seiner Existenz notwendige; so sorgt der Regen für die nötige Feuchtigkeit. Seinen Bedarf an Kohlenstoff für das Holz und alle jene komplizierten Gebilde, die sein Leben ermöglichen, entnimmt er der Kohlensäure der Luft usw.

Die Blätter, und aller Wahrscheinlichkeit nach speziell die grünen Körner derselben, die man als Chlorophyllkörner bezeichnet, haben nämlich die Begabung, Kohlensäure, die doch aus Kohlenstoff und Sauerstoff besteht, so zu zerlegen, daß sie sich deren Kohlenstoffgehalt nützlich machen, während sie andererseits Sauerstoffgas ausscheiden. Dies ist um so merkwürdiger, als Kohlensäure ein sehr beständiges Gas ist, welches im Laboratorium nur schwierig in seine Bestandteile zerlegt werden kann. Bildet es sich doch gerade, wie wir wissen, in der hohen Temperatur aller Flammen.

Auch dasjenige, was die Pflanze an sonstigen anorganischen — d. h. also der toten Natur entstammenden — Verbindungen braucht, liefert der Boden, auf dem sie wächst. Wir bekommen diese Stoffe zu sehen, wenn wir z. B. Holz verbrennen; dabei bleiben sie als Asche zurück.

Untersuchen wir derartige Pflanzenaschen genauer, so ergeben Analysen folgendes. Der Aschengehalt z. B. einer Roggenpflanze zur Zeit der Blüte beträgt 6,38 Prozent ihres Gewichts, der von reifen Roggenkörnern 1,93 Prozent. Die Asche selbst zeigt folgende prozentische Zusammensetzung, wobei wir uns möglichst leicht verständlicher Bezeichnungen bedienen wollen.

	Zusammensetzung der Asche		
	von Roggenpflanzen	von Roggenkörnern	
Phosphorsäure	20,35	47,52	Prozent
Kalisalze	37,16	34,50	„
Kieselsäure	24,88	2,75	„
Kalk und Magnesia	12,32	14,13	„
Schwefelsäure	4,03	—	„
Kochsalz	0,76	0,90	„
Eisenoxyd	0,50	0,20	„

Alles dieses muß also der Boden enthalten, wenn Roggen z. B. auf ihm gedeihen soll. An manchem dieser Bestandteile, wie an Kieselsäure, die chemische Bezeichnung für reinen Sand, oder an Eisenoxyd ist niemals Mangel. Und die Untersuchungen, die zuerst Liebig in den vierziger Jahren in vollstem Umfange hinsichtlich aller ihrer Konsequenzen aufgenommen hat, haben dazu geführt, daß man jetzt weiß, daß man dem Boden, wenn er nicht erschöpft werden soll, im allgemeinen zuzuführen hat:

Phosphorsäure
Kalisalze
Stickstoff

Den letzteren haben wir bisher in diesem Zusammenhange noch gar nicht erwähnen können, wir werden aber sehr bald das nähere über ihn erfahren.

Die übrigen Aschenbestandteile der Pflanzen pflegen fast in jedem Boden in ausreichender Menge vorhanden zu sein.

Nun haben doch alle Kulturvölker, von denen wir wissen, seit Urzeiten Ackerbau getrieben, und trotzdem war sich niemand über die beim Pflanzenwuchs sich abspielenden Vorgänge klar geworden. Nach Erklärungen dafür war natürlich lange gesucht worden, aber statt zu klarer Erkenntnis war man zu einer ganz verkehrten Ansicht gelangt, an welcher selbst die Gebildetsten ihrer Zeit bis um das Jahr 1850 festhielten. Da es nicht gelang, einen Zusammenhang zwischen der anorganischen, also unbelebten und der organischen, also belebten Welt zu finden, nahm man eine unüberbrückbare Kluft zwischen diesen beiden an. Eine geheimnisvolle Kraft, die Lebenskraft, die als ein undefinierbares Etwas, das jeder näheren Deutung unzugänglich sei, allem Lebenden zukomme, sollte den Unterschied zwischen der lebenden und unbelebten Welt bedingen. Diese unrichtige Voraussetzung zwang weiter zur Annahme, daß die Natur von Urbeginn an eine bestimmte Menge von organischem also mit dieser Lebenskraft versehenem Stoff in die Welt gesetzt habe, welcher im ewigen Kreislauf die Existenz einer ganz bestimmten, somit ebenfalls von der Natur seit Urzeiten bestimmten Menge von pflanzlichem und damit auch tierischem Leben auf Erden ermöglicht. Dieses Phantasiegebilde, das doch nur eine Verschleierung des Nichtwissens war, zerstörte nun Liebig durch seine sich auf untrügliche Experimente stützenden Arbeiten, welche beweisen, daß die Annahme einer derartigen Lebenskraft überflüssig und falsch ist, weil die Pflanzen durchaus nicht auf organische, also bereits belebt gewesene Stoffe als Nahrungsmittel angewiesen sind, sondern im Gegenteil ihren Körper aus anorganischen, also unbelebten Stoffen aufbauen. Und deshalb ist die Gesamtsumme des organischen auf Erden durchaus nicht von der Natur, wie jene Anschauung annahm, ursprünglich und für alle Zeiten festgestellt, sondern der intelligente Mensch kann den Pflanzenwuchs durch passende Ernährung der Pflanzen gewaltig steigern. Da nun weiter die Pflanzenwelt die Nährmutter der Tiere und Menschen ist (siehe Vortrag IV), ist der Mensch in ganz anderem Maße Herr der Erde, als jene ältere teleologische Anschauung annahm. Eigentlich muß man sich recht sehr

wundern, daß die Menschheit zu dieser Erkenntnis so unendlich lange Zeit gebraucht hat, und an LIEBIG muß man um so mehr bewundern, daß er das alles herausgefunden hat, zumal er niemals Landwirt gewesen ist. Noch THAER z. B. — der große Reformator der Landwirtschaft, der fast als erster die Vorgänge in ihr wissenschaftlich zu ergründen suchte, und etwa seit Anfang des neunzehnten Jahrhunderts außerordentliche Erfolge speziell auf dem Gebiete der Viehzucht erzielte, — hatte in dem Aschengehalt der Pflanzen nur zufällige Bestandteile gesehen, und nicht erkannt, daß sie unbedingtes Erfordernis für den Pflanzenwuchs sind. Nach ihm gediehen die Pflanzen um so besser, je dicker die Humusschicht des betreffenden Bodens, also die Menge der darin verwesenden somit ehemals belebt gewesenen Stoffe war; kurz, er hatte die Sachlage hinsichtlich der Pflanzenernährung noch vollständig falsch aufgefaßt. Und so kann man ohne Übertreibung sagen: Aller Ackerbau ist bis zur Erkenntnis der wahren Sachlage durch LIEBIG Raubbau gewesen, und manches Gebiet ist dadurch im Laufe der Zeit geradezu ausgesogen worden. So liefert ein Hektar Acker in Sizilien, der einstigen Kornkammer Roms, wo man seit mehr als zweitausend Jahren niemals den Boden gedüngt hat, nur noch durchschnittlich 1100 Liter Weizen, während man in vielen Gegenden Deutschlands 2300 Liter als Durchschnittsertrag rechnet.

Sehr früh hat man schon beobachtet, daß, wenn man die gleiche Frucht mehrere Jahre auf demselben Felde baut, deren Ertrag, oder richtiger ausgedrückt die Ertragsfähigkeit des Bodens in Bezug auf sie, allmählich mehr und mehr zurückgeht, und hat deshalb stets mit dem Anbau der Früchte in einem gewissen Zyklus gewechselt.

So finden wir denn in den uns aus dem klassischen Altertum überkommenen Büchern, die sich mit landwirtschaftlichen Fragen beschäftigen, schon den aus der erwähnten Beobachtung sich ergebenden Fruchtwechsel empfohlen, und bis in die Regierungszeit Friedrichs des Großen enthalten die landwirtschaftlichen Bücher eigentlich nichts, was nicht auch schon in jenen fast

2000 Jahre alten Schriften abgehandelt wird. Es kann daher von einem Fortschritt gegen jene Zeiten kaum die Rede sein.

Der Grund des besseren Erträgnisses beim Fruchtwechsel liegt darin, daß bei der verschiedenen Zusammensetzung der Aschen der einzelnen Pflanzen auch die Ausnutzung des Bodens dann nicht alle Jahre in gleicher Richtung in Bezug auf diese seine Bestandteile erfolgt.

Andererseits hat man auch seit uralten Zeiten schon die Felder mit den in der Wirtschaft entstehenden Abfällen gedüngt, und so, ohne eigentlich zu wissen warum, dem Boden zurückgegeben, was man ihm entzogen, nur weil man sah, daß dadurch der Bodenertrag verbessert wurde. Da aber vieles aus der Wirtschaft verkauft wird, mußte doch alljährlich ein gewisses Quantum der anorganischen Salze den Feldern entzogen werden, ohne ihnen wieder zuzukommen, und aus diesem Grunde trotz der Düngung eine Vermindung der Tragfähigkeit des Bodens eintreten. Auch dieses ergab sich aus der Praxis des Lebens, ohne daß man hierfür den wirklichen Grund zu erkennen vermochte. Diese Beobachtung führte aber zur sogenannten Brachewirtschaft. Man ließ Felder, nachdem sie einige Jahre Frucht getragen hatten, ein Jahr unbenutzt liegen, und das erhöhte wirklich für die nächstfolgende Zeit ihre Fruchtbarkeit.

Ohne weiteres verständlich ist das nicht. Denn es regnete, wenn es erlaubt ist sich so auszudrücken, doch weder Phosphorsäure noch Kalisalze vom Himmel, resp. von außen kam doch beim Stilliegen des Bodens keines dieser Salze in ihn hinein: auf diesem Wege tritt keine Vermehrung dieser für den Pflanzenwuchs wichtigsten Bodenbestandteile ein.

Der Erfolg der Brache beruhte jedoch auf folgendem. Die Phosphorsäure und die Kalisalze befinden sich im Boden großenteils in einer in Wasser unlöslichen Form. So können sie von den Wurzeln der Pflanzen gar nicht verwendet werden, da sie dieselben nur in gelöstem Zustande aufzusaugen vermögen. Jedoch die Feuchtigkeit zusammen mit der im Boden zirkulierenden Kohlensäure der Luft greifen diese unlöslichen Verbindungen an,

führen sie in lösliche über. Die Gesteintrümmer verwittern im Boden, wie man sagt. Ist nun ein Jahr lang der auf diese Weise für die Pflanzenernährung brauchbar gewordene, d. h. also jetzt in Wasser lösliche Vorrat dem Boden nicht entzogen worden, so genügt er zusammen mit dem, was doch jedes Jahr an und für sich gelöst wird, um wieder auf einige Zeit lohnende Ernten zu ermöglichen.

Um das Jahr 1750 herum fand man, daß man die Felder in dem Jahre, in dem man sie bis dahin brach liegen ließ, mit Klee, also mit Viehfutter, bepflanzen könne, ohne daß die nachherigen Erträge des Körneranbaues erwähnenswert darunter litten. Die weit in die Tiefe gehenden Wurzeln des Klees holen sich, wie wir heute wissen, die anorganischen Salze aus Tiefen, die denen der Getreidearten unerreichbar sind. Damit war für die damalige Zeit ein großer Fortschritt insofern erreicht, als man infolge des vermehrten Futterertrages viel mehr Vieh halten konnte, wodurch man wieder, abgesehen von dessen Wert an sich, mehr Dünger zur Verfügung hatte. Wenn der Boden allmählich kleemüde ward, wie es die Praxis bald lehrte, baute man Erbsen, Bohnen, Kartoffeln und ähnliches. Auf diese Art kam man zu einem regelmäßigen Wechsel von Halm- und Blattfrüchten, mit periodisch eingeschobenem Kleeanbau.

Fiel so die Brache weg, so war das ganze nur möglich, weil die verschiedenen Früchte, wie schon erwähnt, die einzelnen anorganischen Nährsalze in relativ sehr verschiedenen Mengen verbrauchen, und ihren Bedarf daran bald aus höheren bald aus tieferen Erdschichten decken, so daß bei richtig geleiteter Fruchtfolge die von der betreffenden Pflanze besonders viel gebrauchten Salze jahrelang wenig durch die Vorfrüchte dem Boden entzogen worden waren. Eine vierjährige Fruchtfolge von Weizen, Kartoffeln, Gerste und Klee entzieht z. B. bei Durchschnittsernten einem Hektar Ackerland in Kilogramm:

	Weizen	Kartoffeln	Gerste	Klee	Gesamtmenge in den vier Jahren	
Phosphorsäure . .	35,2	27,3	30,5	36,2	129,2	Kilogramm
Kalisalze	61,5	102,7	60,5	144,0	368,7	"
Kieselsäure . . .	175,4	10,8	138,6	26,0	350,8	"
Kalk und Magnesia	34,9	25,5	35,3	206,4	302,1	"

Also an und für sich trieb die Landwirtschaft jetzt, ohne es zu wissen, hinsichtlich der anorganischen Salze, eigentlich noch stärkeren Raubbau als früher, denn um soviel wie ein Feld infolge der vermehrten Viehzucht reicher gedüngt werden konnte, war das Nachbarfeld ärmer geworden. Dieser Nachteil würde sich sicher in unserer Zeit schon geltend gemacht haben, wenn nicht durch Liebig der Zusammenhang aufgeklärt, und ein billiger Ersatz der dem Boden entzogenen anorganischen Salze mit Hilfe der in der toten Natur daran aufgespeicherten Schätze möglich wäre, der nunmehr die Brache wirklich überflüssig macht.

Heutzutage ersetzt man den Verlust, den der Boden durch das Abernten erleidet, soweit der natürliche Dünger nicht ausreicht, durch künstlichen Dünger. Und Liebigs Verdienste um die ganze Welt gipfeln gerade darin, daß er als erster von allen Menschen den einzig rationellen Weg zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit erkannt hat, nämlich der Ackerkrume die Verbindungen und Substanzen wieder zu ersetzen, die ihr durch das Wachstum der Pflanzen entzogen werden. Ja, da von künstlichen Düngemitteln beliebige Mengen zur Verfügung stehen, kann man durch deren reichliche Verwendung, für welche die obere Grenze durch die Erfahrung festgestellt worden ist, den Ertrag des Bodens außerordentlich erhöhen. Wir kommen jetzt zur Beschaffung dieser künstlichen Düngemittel, auf welche wir hier einzugehen haben, weil die meisten hierzu geeigneten Rohmaterialien, wie die Natur sie liefert, erst auf chemischem Wege für die Zwecke der Landwirtschaft brauchbar gemacht werden müssen.

Die hauptsächlichsten Quellen, die für die Gewinnung billiger Phosphorsäure — denn teure könnte der Landwirt nicht brauchen — zur Verfügung stehen, sind folgende drei: Knochen, Phosphorit und Thomasphosphatmehl.

Die Knochen bestehen zum großen Teil aus phosphorsaurem Kalk, außerdem enthalten sie Fett und leimgebende Substanz. Wir wollen von ihnen nebenbei folgendes mitteilen.

Das Fett entzieht man den Knochen heutzutage durch Extraktion mit Benzin. Es dient zur Herstellung von Kerzen

oder Seifen, welche ersteren wir besprochen haben und letzteren wir später kennen lernen. Ihr Leim, der unter dem Namen Knochenleim verwendet wird, wird nach einem Verfahren gewonnen, das wir hier nicht darlegen wollen, da es zu viele Vorkenntnisse voraussetzt.

Glüht man Knochen in einem geschlossenen, nur mit einem Abzugsrohr für die Dämpfe versehenen Kessel, behandelt sie also in ähnlicher Weise wie es mit den Steinkohlen für die Leuchtgasfabrikation geschieht, so hinterlassen sie im Kessel eine tiefschwarze Masse, die sogenannte Knochenkohle, die somit den Koks der Gasanstalten entspricht. Solche Knochenkohle hat die merkwürdige Eigenschaft, gefärbten Lösungen den Farbstoff zu entziehen. Schüttelt man z. B. Rotwein damit und filtriert ihn sodann, so erhält man eine wasserhelle Flüssigkeit, die vom Rotwein nur durch die mangelnde Färbung verschieden ist. Von dieser entfärbenden Kraft, die das angeführte Beispiel, welches jedoch für die Praxis des Lebens keinen Wert hat, in recht drastischer Weise erläutert, macht man in vielen Industrien Gebrauch. Z. B. wird auf diesem Wege das rein weiße Aussehen des Zuckers erreicht, auch werden wir der Anwendung der Knochenkohle in der Kartoffelspiritusindustrie wieder begegnen.

Mahlt man Knochenkohle fein und versetzt sie mit passenden Schmiermitteln, so hat man Stiefelwichse.

Glüht man Knochen statt in einem geschlossenen Kessel offen an der Luft, so brennen sie sich natürlich völlig weiß, indem aller Kohlenstoff verbrennt. Solche weißgebrannten Knochen sind ein Ausgangsmaterial für die Düngerfabrikation, sie finden aber auch für die Fabrikation des Phosphors, über den wir bei den Zündhölzern näheres hörten, und bei der Herstellung des Milchglases (siehe den X. Vortrag) Verwendung.

Außer den Knochen dient der an vielen über die ganze Erde zerstreuten Orten als Mineral vorkommende phosphorsaure Kalk als Phosphorsäurequelle. Er führt zumeist den Namen Phosphorit, und ist bald mehr, bald weniger verunreinigt. Zu Florida in Nordamerika findet er sich in großen Massen mit einem Durchschnittsgehalt bis zu 82 Prozent an phosphorsaurem

Kalk. Da speziell die Verunreinigungen des dort gefundenen Materials die chemische Verarbeitung, die wir gleich kennen lernen, wenig stören, erstreckte sich der Absatz gerade dieses Materials bis um das Jahr 1895 über die ganze Welt. Doch ist dann eine Änderung darin eingetreten. Erstens war längere Zeit durch das allgemeine Darniederliegen der Landwirtschaft eine Abnahme des Verbrauchs von Phosphaten überhaupt eingetreten, die aber wieder überwunden ist, und zweitens machen ihm seitdem neuentdeckte Lager in Tenessee in Amerika Konkurrenz, während sehr wertvolle in Algier entdeckte Fundstätten seinen Absatz in Europa schmälern.

Ehemals spielte auch der Guano eine große Rolle, doch tritt er infolge der Erschöpfung seiner Läger allmählich immer mehr in den Hintergrund. Er besteht aus den zersetzten Exkrementen von Seevögeln, von denen sich große Ablagerungen namentlich an der peruanischen Küste und auf den naheliegenden Inseln finden. Er ist meist reich an Phosphorsäure und enthält auch zugleich viel Stickstoff.

Schließlich liefert die 1879 entdeckte Entphosphorung des Eisens, die wir im elften Vortrage ausführlich kennen lernen, sogenanntes Thomasphosphatmehl, das seinen Namen nach dem einen der beiden Entdecker der Eisenentphosphorung führt. Es bietet der Landwirtschaft gegenwärtig eine wertvolle, weil besonders billige Phosphorquelle.

In den genannten Materialien, mit Ausnahme des letzten und teilweise auch des Guanos, befindet sich nun die Phosphorsäure im gleichen Zustande wie im Ackerboden, nämlich als phosphorsaurer Kalk in der unlöslichen Form. Wollte man die genannten Materialien etwa fein mahlen und auf den Acker bringen, so würde ihre Wirksamkeit eine ganz ungenügende sein, indem sie da nur sehr langsam auf dem natürlichen Wege, den wir bereits, um den Wert der Brache (siehe Seite 44) verständlich zu machen, ausführlich besprachen, wasserlöslich und damit für die Pflanzenwurzeln absorbierbar würden. Kurzum sie wären für den Landwirt so gut wie wertlos, indem die Pflanzen sie nur im Laufe vieler Jahre sich nutzbar machen könnten.

Ganz anders gestaltet sich aber die Sache dadurch, daß man die Phosphate aufschließt, wie der fachmännische Ausdruck für ihre künstliche Überführung in den leicht im Wasser löslichen Zustand lautet. In diesem Zustande werden sie sogleich den Wurzeln der Pflanzen in einer solchen Beschaffenheit geboten, daß diese sie leicht und gern aufnehmen. Das Aufschließen erfolgt, wie es LIEBIG angegeben hat, so, daß die Phosphate fein gemahlen und mit starker Schwefelsäure übergossen werden. Der so erhaltene künstliche Dünger wird Superphosphat genannt, weil er in seiner Wirksamkeit dem rohen Phosphat weit weit überlegen ist.

In den erwähnten Phosphorsäurequellen ist die Phosphorsäure stets der Hauptsache nach an Kalk gebunden, und zwar halten zwei Moleküle Phosphorsäure drei Moleküle des letzteren fest. Schwefelsäure ist nun in chemischer Beziehung stärker als Phosphorsäure; d. h. sie hat ein größeres Verwandtschaftsbestreben zum Kalk als diese. Ein Molekül Schwefelsäure vermag aber immer nur ein Molekül Kalk zu binden. Läßt man deshalb zwei Moleküle Schwefelsäure — und diese Menge ist mit Hilfe der chemischen Formeln dem Gewichte nach leicht zu berechnen — auf gebrannte Knochen oder bergmännisch gewonnenen Phosphorit wirken, so erhält man, wie aus dem Schema ersichtlich ist,

```
Phosphorsäure /| Kalk + Schwefelsäure
          ----| Kalk + Schwefelsäure
Phosphorsäure \
               \Kalk
```

eine neue Verbindung, in der auf die beiden Moleküle Phosphor-phorsäure nur noch ein Drittel des Kalks kommt, während die anderen zwei Drittel sich mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Kalk, der im gewöhnlichen Leben Gips heißt, vereinigt haben. Die so dargestellte neue Art von phosphorsaurem Kalk ist in Wasser löslich. In dieser Form in den Boden gebracht, assimilieren die Pflanzen sie leicht. Wenn man auch gewohnheitsmäßig von Phosphorsäuredüngung spricht, so handelt es sich doch dabei um Düngung mit diesem künstlich hergestellten phosphorsauren Kalk. Phosphorsäure als solche in Wasser

gelöst, gibt eine so ätzende Flüssigkeit, daß sie allen Pflanzenwuchs zerstören würde.

Neben diesem löslichen phosphorsauren Kalk bildet sich also beim Aufschließen schwefelsaurer Kalk. Daß er dem Phosphat beigemengt bleibt, hat nichts zu sagen, ja, für viele an Kalk armen Böden ist die auf diese Weise mitbewirkte Kalkzufuhr ebenfalls recht günstig, denn die Pflanzen brauchen ja auch Kalk, wie wir aus den Aschenanalysen wissen.

Nun noch einige Worte über das Thomasphosphatmehl, jenes Abfallprodukt der Eisenindustrie. Darin befindet sich die Phosphorsäure in einer solchen Verbindung mit Kalk, daß sie, ohne daß dieser phosphorsaure Kalk mit Schwefelsäure behandelt werden muß, bereits von den Pflanzen assimiliert werden kann. So ist gerade dieses eine außerordentlich billige Quelle für Phosphorsäure, indem hier die Kosten des Aufschließens ganz fortfallen und wird das Mehl namentlich zur Wiesendüngung, für die es sich besonders eignet, in größter Menge verwendet.

Wir kommen nun zu den Kalisalzen als Düngemittel. Kalisalze sind bis um das Jahr 1860 recht kostbar gewesen. Die einzige Form, in der Kali in größeren Mengen zu Gebote stand, war die Pottasche, die in chemischer Beziehung kohlensaures Kali ist.

Pottasche wurde, wie noch der Name andeutet, ursprünglich durch Auskochen von Pflanzenasche, als welche natürlich hauptsächlich Holzasche diente, in Töpfen bereitet. Den Kaligehalt der Pflanzenaschen kennen wir ja schon von ihrer Analyse her (siehe Seite 41). Noch um das Jahr 1850 kauften Händler an vielen Orten, z. B. selbst in Paris, wo die zur Zimmerheizung dienenden mit Holz gespeisten offenen Kaminfeuerungen sehr reine Holzasche lieferten, die Holzasche zusammen, die dann in Fabriken auf Pottasche verarbeitet wurde. Sie wird viel in den Gewerben (Glasfabrikation, Seifenfabrikation, Färbereien usw.) gebraucht, und stand, und steht auch noch, obgleich man sie jetzt künstlich aus anderen Kalisalzen herzustellen versteht, sehr hoch im Preise, so daß sie als Düngemittel nie hätte Verwendung

finden können. Im neunten Vortrage werden wir im Zusammenhang mit der Soda noch ausführlicher auf ihre jetzige Fabrikation zurückkommen. Die anderen heute viel billiger als die Pottasche zu habenden Kalisalze, die zu Düngezwecken dienen, wie Chlorkalium und schwefelsaures Kali, stammen nun alle aus den Bergwerken in der Gegend von Staßfurt, welches in der Nähe von Magdeburg liegt. So versorgen diese an Zahl geringen, in ihrer Ausdehnung sehr großen deutschen Bergwerke die Landwirtschaft der ganzen Welt mit Kalisalzen.

In Staßfurt gab es viele salzige Quellen, die seit einer Reihe von Jahrhunderten auf Kochsalz versotten wurden. Das ward die Veranlassung, in jener Gegend direkt nach Steinsalz zu bohren. Man stieß dabei wohl auf eine Art Salz, doch schmeckte es bitter, und wurde als Abraumsalz in großen Mengen beiseite geworfen, nachdem infolge der Erbohrung reinen Steinsalzes der bergmännische Betrieb in Gang kam.

Diese bitteren Salze sind nun, wie man später fand, nichts anderes als Kalisalze, die bei Staßfurt in ungeheuren Massen liegen, und Veranlassung zur Gründung der großen Industrie gegeben haben, die jetzt in jener Gegend blüht. Im Jahre 1908 hat sogar eine Vereinigung deutscher Landwirte sich dort eine eigene Fabrik eingerichtet, um für alle Zeiten deutschen Landwirten die Kalisalze so billig liefern zu können, als sie sich überhaupt produzieren lassen. Die Rohsalze, wie sie die Natur liefert, müssen nämlich erst in Fabriken umgearbeitet werden, um als Düngemittel brauchbar zu sein. Auch die dabei erhaltenen Nebenprodukte sind teilweise technisch verwertbar.

Man nimmt an, daß das Salzlager der Überrest eines ausgetrockneten Meeresarmes ist, der nach dem beginnenden Austrocknen sich noch öfters wieder mit Seewasser füllte, woraus sich das so massenhafte Vorkommen der Salze erklärt. Das Meerwasser enthält z. B. Brom, und ist daraus zuerst dieses Element in Südfrankreich hergestellt worden. Es spielt jetzt eine wichtige Rolle in der Photographie, in der es, wie wir sehen werden, sehr viel gebraucht wird. Nun müssen doch die Staßfurter Salze, wenn die Annahme, daß sie dem Meere entstammen,

richtig ist, ebenfalls Brom enthalten, und wirklich wird Brom jetzt daraus in größtem Maßstabe gewonnen, womit wir eines der Nebenprodukte der Industrie der Kalisalze kennen gelernt haben.

Wir gehen nunmehr zum Stickstoffbedarf der Pflanzen über.

Die Pflanzen brauchen den Stickstoff zum Aufbau des sogenannten Pflanzeneiweißes — wir kommen auf Seite 61 beim eigentlichen Eiweiß auf dieses zurück —, welches in ihrem Dasein in ähnlicher Weise, wie das für das tierische Eiweiß gilt, die eigentlichen Lebensfunktionen bedingt; und so erklärt es sich, daß Stickstoffmangel für sie gleichbedeutend mit Verkümmerung ist.

In den Aschenanalysen (siehe Seite 41) finden wir Stickstoff nicht angeführt, und zwar deshalb, weil er in keiner Verbindung feuerbeständig ist, sondern bei der hohen Temperatur, die zur Veraschung der Pflanzenteile nötig ist, stets als solcher oder in Verbindung mit anderen Elementen entweicht. Seine Verflüchtigung in Verbindung mit Wasserstoff als Ammoniak beim Erhitzen von Steinkohlen z. B. haben wir ja bei der Leuchtgasfabrikation bereits kennen gelernt.

Von vornherein sollte man meinen, daß die Pflanzen an Stickstoff nie Mangel haben könnten. Wir sahen, daß sie mit Hilfe der Blätter ihren Kohlenstoffbedarf (siehe Seite 40) aus der Luft und zwar mit Leichtigkeit decken, und wie wir wissen, enthält die Luft (siehe Seite 9) in zehntausend Teilen nur drei Teile Kohlensäure, während in dieser Menge rund achttausend Teile Stickstoff vorhanden sind.

Stickstoff ist aber nun einmal, wie öfters erwähnt, ein sehr indifferentes Gas, und die Pflanzen haben, im Gegensatz zu ihrer durch die Chlorophyllkörner ermöglichten Assimilationsfähigkeit für Kohlensäure, keine Vorrichtung zur direkten Aufnahme dieser trägen Materie.

Allerdings findet sich in der Luft Ammoniak, also eine wasserlösliche Stickstoffverbindung, in Spuren, die aber nur nach Millionstel Teilen sich berechnen. Da nun die Pflanzen die wasserlöslichen Stickstoffverbindungen nur mit den Wurzeln, nicht mit den Blättern aufzunehmen vermögen, gelangt von diesem

Ammoniak höchstens der Teil an dieselben, der mit der Luft im Boden zirkuliert, oder was mit dem Regen in ihn hineingespült wird, und das ist ganz ungenügend.

Wie neuere Forschungen gezeigt haben, spielen nun bei dem Prozeß der Stickstoffassimilation durch die Pflanzen Bacillen eine ausschlaggebende Rolle. Es kommen nämlich im Ackerboden Bacillen mit der merkwürdigen Eigenschaft vor, durch ihren Lebensprozeß Stickstoff mit Sauerstoff vereinigen zu können. Solche Verbindungen geben ihrerseits mit im Boden vorhandenen Stoffen wasserlösliche Substanzen, zumeist salpetersaure Salze, die die Pflanzen dann aufnehmen. Die Salpetersäure ist nämlich ein Oxydationsprodukt des Stickstoffs, also eine Sauerstoffverbindung desselben.

Ja, es gibt Pflanzen, und zwar gehören sie zur Klasse der Leguminosen, an deren Wurzelknöllchen sich infolge der Bacillentätigkeit so viel stickstoffhaltige Materie ablagert, daß sie, wenn Phosphorsäure und Kali genügend vorhanden sind, nicht nur ohne jede Stickstoffdüngung vorzüglich gedeihen, sondern daß ihre beim Abernten zurückbleibenden Wurzeln den Boden geradezu an Stickstoffverbindungen bereichern. Man bezeichnet sie deshalb als Stickstoffsammler. Infolgedessen findet eine im folgenden Jahre gebaute Frucht, deren Wurzeln die Eigenschaft des überreichlichen Stickstoffsammelns nicht haben, einen ihr Wachstum sehr fördernden Vorrat daran vor, ohne daß Stickstoffdüngung stattgefunden hat. Der Geldwert dieses Stickstoffs mag etwa 40 Mark pro Hektar bei dem jetzigen Preise des Chilisalpeters, wenn man damit als Stickstoffdünger düngen müßte (siehe weiterhin), betragen.

Auch macht man diese Bacillen jetzt direkt den Zwecken der Bodenkultur dienstbar. Dazu züchtet man sie in Reinkulturen im großen, und bringt diese Kulturen unter dem Namen Nitragin in den Handel. Mit einer solchen durch Magermilch verdünnten Reinkultur übergießt man die auszusäenden Erbsen, Lupinen usw. An jeder einzelnen von ihnen haftet somit bei diesem Verfahren vom Tage der Aussaat an der stickstoffsammelnde Bacillus. Man begann damit im Jahre 1896, und

wenn auch in den ersten Jahren die Erfolge nicht den Erwartungen entsprachen, so sind sie durch allmähliche Verbesserungen in der praktischen Ausführung des Verfahrens seit dem Jahre 1903 ganz zufriedenstellende geworden.

Nun haben schon, lange bevor man dies alles wußte, praktische Versuche gelehrt, daß es für den Pflanzenwuchs außerordentlich förderlich ist, wenn man dem Boden stickstoffhaltige Materialien zuführt, also die Bacillen sozusagen in ihrer Tätigkeit unterstützt. Am geeignetsten sind natürlich wasserlösliche Stickstoffverbindungen, und von diesen sind jetzt vier in genügender Menge zu haben und billig genug, um allgemein für diesen Zweck in der Landwirtschaft Verwendung finden zu können. Es sind dies erstens das Ammoniak und zwar in Form von schwefelsaurem Ammoniak, zweitens der Chilisalpeter, drittens der Kalkstickstoff und viertens der salpetersaure Kalk.

Das uns jetzt schon so gut bekannte Ammoniak entstammt also den Gasanstalten. Ammoniak ist in chemischer Beziehung ein Alkali oder eine Base, diese beiden Bezeichnungen sind heutzutage gleichbedeutend, und die Eigenschaft der Basen ist es, sich mit Säuren vereinigen zu können. Was dabei entsteht, nennt man ein Salz. Bei der Unzahl von Säuren und Basen, die die Chemiker kennen, gibt es daher für sie eine Unsumme von Salzen,[1]) ganz im Gegensatz zum gewöhnlichen Sprachgebrauch, der unter Salz nur Kochsalz versteht.

Sowohl Säuren wie Basen können feste, flüssige oder gasförmige Körper sein. So ist Kieselsäure also Sand (siehe Seite 41) eine feste Masse, und er ist im chemischen Sinne eine Säure, weil er sich z. B. mit der Base Kali zu kieselsaurem Kali, somit zu einem Salz vereinigt. Schwefelsäure ist eine flüssige Säure

1) Anmerkung: Solche Salze nennt man schwefelsaures Kali, kohlensaures Natron usw. nach älteren Anschauungen, die sich im Publikum erhalten haben. Die Chemiker fassen ihre Zusammensetzung heute etwas anders auf, und sprechen von schwefelsaurem Kalium, kohlensaurem Natrium usw. Doch soll in diesem Buche die alte Bezeichnung beibehalten werden, zumal es unmöglich ist, hier die Gründe dieser Änderung auseinander zu setzen.



und Kohlensäure ist gasförmig. Die Base Kali ist ein fester Körper, Anilin ist eine flüssige Base und Ammoniak, mit dem wir es hier speziell zu tun haben, ist eine gasförmige Base. Da Ammoniakgas zufällig die Eigenschaft hat, in Wasser sehr leicht löslich zu sein, hält man es der Bequemlichkeit halber in wässeriger Lösung vorrätig, und da es in dieser Form auch verkauft wird (meist unter dem Namen Salmiakgeist) sind die Laien geneigt, es für eine Flüssigkeit zu halten. Das Ammoniakgas wird für die Zwecke der Landwirtschaft stets an Schwefelsäure gebunden, welche sich mit ihm zu einem weißen festen Salz, zum schwefelsauren Ammoniak, vereinigt. In dieser Form findet es seine Verwendung als Düngemittel und wird auf die Felder geworfen.

Die zweite Stickstoffquelle repräsentiert der Salpeter. Er entsteht durch Verbindung der Salpetersäure mit den Basen Kali oder Natron, und darnach unterscheidet man Kalisalpeter und Natronsalpeter.

Der Kalisalpeter ist lange bekannt, und dient zur Herstellung des Schießpulvers. Auf dieses und die neueren Sprengmittel werden wir erst nach Erledigung der Besprechung der Nahrungsmittel eingehen. Er ist für die Landwirtschaft zu teuer.

Der billige Natronsalpeter ist wiederum ein Kind der Entdeckungen unserer Zeit. Er ist ein weißes in Wasser leicht lösliches Salz und führt nach seinem Ursprungslande auch den Namen Chilisalpeter. Daselbst gibt es gewaltige Länderstrecken, in denen es fast nie regnet, und der Boden gerade jener Gegenden ist reich daran.

Würde es dort viel regnen, so wäre er längst fortgewaschen. Laugt man nun das den Salpeter enthaltende Erdreich mit heißem Wasser aus, womit um das Jahr 1830 begonnen worden ist, so erhält man eine Lösung von Natronsalpeter. Filtriert man diese konzentrierte Lösung, so krystallisiert er beim Erkalten aus. Die so erhaltenen Krystalle bilden den Chilisalpeter des Handels. Die Flüssigkeit, die über ihnen steht, heißt wie jede Flüssigkeit, aus der etwas auskrystallisiert ist, Mutterlauge. Dampft man solche Mutterlauge ab, was nur an wenigen Orten, wie z. B. zu

Kreuznach geschieht, so hinterbleiben die darin noch gelöst gebliebenen Salze, die als Mutterlaugensalze bezeichnet werden. Die Mutterlaugen des Chilisalpeters werden nicht eingedampft, wohl aber wird daraus noch Jod, von dem sie ein wenig enthalten, gewonnen, und ist Chili jetzt auch Hauptlieferant für dieses verhältnismäßig seltene Element.

Als dritte Stickstoffquelle ist im Jahre 1903 der Kalkstickstoff hinzugekommen. Wir lernten Seite 38 das Calciumcarbid kennen. Leitet man nun zufolge einer Erfindung von Prof. FRANCK über erhitztes Calciumcarbid Stickstoffgas, das, wie wir Seite 10 erfuhren, billig aus der Luft zu haben ist, so tritt eine Verbindung ein, und das neue Produkt hat den für Landwirte so bezeichnenden Namen Kalkstickstoff erhalten. Die erste Kalkstickstofffabrik und zwar gleich für eine Jahresproduktion von 80000 Zentnern hat eine deutsche Gesellschaft in Piano d'Orta (Mittelitalien) in Rücksicht auf dortige billige Wasserkräfte erbaut.

Auf ganz anderem Wege ist die Aufgabe der Verwertung des Luftstickstoffs für die Landwirtschaft von BIRKELAND und EYDE gelöst worden. Lange bekannt war, daß sich, wenn man elektrische Funken durch feuchte Luft schlagen läßt, Spuren von Salpetersäure bilden. Sie haben es erreicht, die Ausbeute an Salpetersäure aus der Luft hierbei derart zu erhöhen, daß seit dem Jahre 1905 der Prozeß so weit verbilligt worden ist, daß ihr Verfahren gestattet, diese Salpetersäure den Landwirten in Form von salpetersaurem Kalk genügend billig verkaufen zu können.

Mit diesen beiden neuesten Errungenschaften der Chemie ist erst die Landwirtschaft der ganzen Welt vom Chilisalpeter unabhängig geworden. Die Erschöpfung seiner Läger in Chili, die wohl längstens in 100 Jahren eingetreten wäre, hätte die Weiterführung der Landwirtschaft im gegenwärtigen Maßstabe unmöglich gemacht, und was das für die Ernährung der Menschheit zu bedeuten gehabt hätte, geht aus den vorangegangenen Mitteilungen zur Genüge hervor.

Nachdem wir nunmehr erfahren haben, in welcher Weise die Pflanzen imstande sind, alle zu ihrem Aufbau nötigen Stoffe der anorganischen Welt mit Einschluß der uns umgebenden Luft

zu entnehmen, und wie man zu den künstlichen Düngemitteln[1]) gekommen ist, gehen wir zur Ernährung der Menschen und Tiere über.

Der Mensch vermag seinen Körper nur aus den von den Pflanzen bereits hergestellten organischen Stoffen aufzubauen. Er benutzt für diesen Zweck Obst, Getreide usw., aber ebensogut dienen ihm Tiere dazu, wie die Austern, oder Teile von ihnen, wie ihr Fleisch.

Die Tiere selbst leben aber ihrerseits stets wieder von Pflanzen bzw. von anderen Tieren, so daß die Nahrung des ganzen Tierreichs dem Pflanzenreiche enstammt.

Alle Stoffe, welche uns als Nahrungsmittel dienen sollen, gelangen in den Magen. Dort und weiterhin im Darm werden diejenigen ihrer Bestandteile, die für die Ernährung Verwendung finden sollen, verdaut, d. h. löslich gemacht, so daß sie vermittels der Diffusion (siehe Seite 10) ins Blut gelangen können, welches bei seinem Kreislauf durch den Körper allen Teilen desselben das, was sie nötig haben zuführt.

---

1) Anmerkung: Es sind jetzt unter dem Namen Blumendünger richtig hergestellte Gemische von allen für die Pflanzen wertvollen Nährstoffen, speziell für Garten- und Topfgewächse, in vollkommen wasserlöslicher Form, im Handel. Bei der Düngung von Blumentöpfen aber muß man ganz besonders hinsichtlich der verwendeten Menge vorsichtig sein, da ein Zuviel, das bei der Kleinheit der Töpfe leicht eintreten kann, sehr schädlich ist. Man nehme von solchem Blumendünger pro Kilo Erde, welche der Topf enthält, etwa ein halbes Gramm, und löse dieses halbe Gramm in einem halben Liter Wasser. Weniger verdünnte Lösungen führen die Gefahr mit sich, daß die Wurzeln der Topfpflanzen angefressen bzw. getötet werden, während bei dieser absichtlich hoch gewählten Verdünnung jede Schädigung ausgeschlossen ist. Das genannte Quantum genügt für ein Jahr. Man kann es auch so zur Verwendung bringen, daß man nach je sechs Monaten die Hälfte davon den Pflanzen gibt.

Im Garten berechnet sich die Menge der zu verwendeten Nährsalze nach der Tiefe, bis zu der man rigolt, d. h. umgräbt; gräbt man z. B. einen Quadratmeter 20 Centimeter tief um, so gießt man, indem man auch hier das Verhältnis von Blumendünger und Erde wie 1 : 200 wählt, die nach dem gleichen Verhältnis wie oben verdünnte Lösung von 100 Gramm dieser Nährsalze darauf.

Wir wollen uns eine Verdauung durch Magensaft hier einmal in einigen Gläsern vorführen. Die Magenwand aller Tiere und des Menschen sondert einen Stoff ab, den man Pepsin nennt. Außerdem findet sich im normalen Mageninhalt stets ein wenig, durchschnittlich 0,2 Prozent, Salzsäure. Diese beiden vereint haben die Eigenschaft, die ungelösten Eiweißstoffe der Nahrung löslich zu machen, sie in Peptone, wie der Kunstausdruck lautet, zu verwandeln.

Das Pepsin der Magenwand geht, wenn man sie in Glycerin legt, in dieses über. Auf solche Weise gewonnenes pepsinhaltiges Glycerin wollen wir zu unserem Versuch verwenden, der in folgender einfacher Art (siehe Fig. 15) sich anstellen läßt.

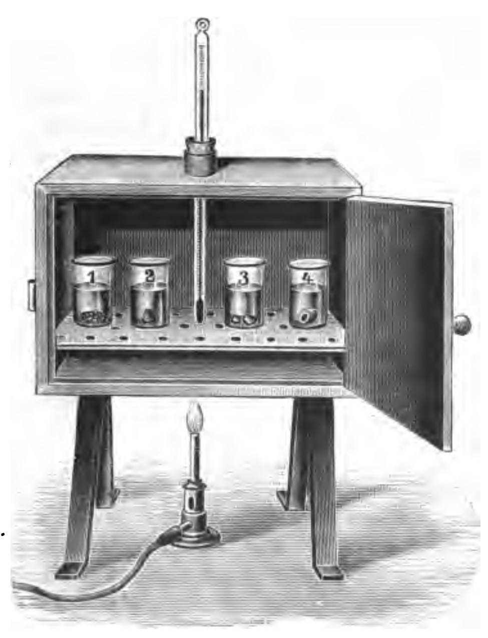


Fig. 15. Verdauungsversuch.

Wir halten in einem mit einem Thermometer versehenen Schrank die Wärme ungefähr auf Körpertemperatur, also auf etwa 37° Celsius, und bringen in den erwärmten Raum vier Gläser mit ein wenig Wasser. In das erste geben wir außerdem etwas von unserer Pepsinlösung, in das zweite Salzsäure; in das dritte und vierte je etwas Pepsin und Salzsäure.

Als zu verdauende Stoffe benutzen wir das erfahrungsgemäß sehr leicht verdauliche Fibrin — wir werden nachher erfahren, was für ein spezieller Eiweißstoff das ist — und Stücke hartgekochten Eies. Von diesen beiden Stoffen legen wir etwas in die Gläschen 1 und 2, während wir in Gläschen 3 nur Fibrin, in

Gläschen 4 nur ein Stück hart gekochtes Ei bringen. Nun ist das Gelöstwerden der Eiweißstoffe keine chemische Reaktion in gewöhnlichem Sinne, und verläuft nicht momentan wie so viele von diesen, sondern erfordert mindestens $^1/_2$ Stunde Zeit, um sich deutlich bemerkbar zu machen, und können wir uns daher erst am Ende des Vortrages von den bis dahin erzielten Erfolgen unseres Versuchs überzeugen.

Inzwischen sei folgendes weitere über die Verdauung mitgeteilt.

Das im Magen in Tätigkeit tretende Agens heißt, wie erwähnt, Pepsin und ist nur in Gegenwart von Säuren wirksam, wo also beide zusammen die Eiweißstoffe in den gelösten Zustand überführen. Die für die Ernährung nicht weniger wichtige Verdauung im Darm, in welchen sich die Galle ergießt, wird durch einen Stoff veranlaßt, den man Trypsin genannt hat. Seine lösende Kraft, die die Kohlenhydrate und Fette (siehe weiterhin) verdaulich, also für den Körper nutzbar macht, kommt aber nur bei Anwesenheit von Alkali zur Geltung, und deshalb reagiert der Darminhalt alkalisch. Was von den zugeführten Nahrungsmitteln im Magen und in den oberen Teilen des Darms durch die Verdauung nicht für den Körper nutzbar gemacht werden kann, wird als wertlos weiter und wieder aus ihm hinausgeschafft. Der Gallenfarbstoff verursacht die bräunliche Farbe dieses Abgangs.

Sind auf dem Wege der Verdauung im Magen und Darm die Substanzen erst einmal gelöst, dann ist ja leicht einzusehen, wie sie durch Diffusion in das Blut übertreten können und durch den ganzen Körper verteilt werden.

Leicht einzusehen ist das wohl, wenn man es nur in der angegebenen Form betrachtet. Aber auch andere Fragen, die bis heute niemand gelöst hat, drängen sich dabei auf.

Wir haben es als ganz selbstverständlich besprochen, daß sich im Magen usw. die Verdauungsvorgänge abspielen. Der Magen besteht aber doch schließlich auch aus Fleisch, d. h. Eiweißstoffen (siehe Seite 64), weshalb verdaut er da nicht sich selbst, woher kann er der Verdauungsflüssigkeit widerstehen? Wir ver-

dauen doch mit Leichtigkeit, sagen wir einen Gänsemagen, und wenn Sie dessen Verdaulichkeit etwa aufs Kochen schieben wollen, so müssen Sie bedenken, daß ein Hund z. B. ihn doch mühelos ungekocht bewältigt.

Die Beantwortung dieser Frage ist wirklich mit Sicherheit bis heute noch nicht gegeben. Wir wissen bereits, daß der Magensaft sauer ist, Blut dagegen alkalisch reagiert, und so kann man sich vorstellen, daß Säure und Alkali sich in der Magenwand gegenseitig abstumpfen, wodurch, da nunmehr die Säure fehlt, die Möglichkeit der Verdauung durch das Pepsin aufgehoben ist. Ob dies aber wirklich der Grund für die Haltbarkeit unseres Magen ist, ist bisher nicht zu entscheiden gewesen.

Auch läßt sich noch manches andere geheimnisvolle über die Leistungen der Verdauung sagen. Um nicht weitschweifig zu werden, sei nur noch eins erwähnt. Wo hat der Verdauungstractus die Intelligenz her, all dasjenige aus den Nahrungsmitteln auszuwählen, was der ganze Körper braucht.

Wir können uns noch ganz gut vorstellen, daß er für sich selbst sorgt, seinen eigenen Bedarf an Nahrungsstoffen zu seiner Instandhaltung deckt. Aber woher weiß er, wie viel phosphorsauren Kalk die Knochen für ihre Existenz benötigen und was das Gehirn braucht? Woher versteht der gesamte Verdauungsapparat bis etwa in sein zweiundzwanzigstes Jahr so viel Nahrungsstoffe an das Blut abzugeben, daß sie auch für das Wachstum des Körpers genügen, und hört von da ab damit auf.

Damit kommen wir immer mehr auf schwierige Gebiete der physiologischen Chemie, die wir hier nicht weiter verfolgen können.

Aber wenn wir offen sein wollen, wir wissen nicht einmal genau anzugeben, was Hunger und was Durst ist. Der eine z. B. empfindet den Hunger mehr im Rachen, der andere im Magen. Nur hat die Natur dafür gesorgt, daß wir beim Eintreten des Gefühls wissen, daß wir dieser Unlustempfindung vermittels Nahrungsaufnahme abhelfen können, und hinsichtlich der Auswahl der Nahrungsmittel hat sie uns einen bedeutenden Spielraum gelassen.

In chemischer Beziehung zerfallen die Nahrungsmittel in drei große Klassen:

erstens: die Eiweißstoffe (nebst dem Leim),
zweitens: die Fette,
drittens: die Kohlenhydrate (Stärke und Zucker).

Die Eiweißstoffe sind sehr kompliziert zusammengesetzte **stickstoffhaltige** Substanzen, die die Natur in den Pflanzen (siehe Seite 52) erzeugt. Sie gelangen von diesen aus mit der Nahrung in den Blutkreislauf des tierischen Körpers. Er baut daraus dann noch weit kompliziertere Eiweißstoffe auf, die wiederum durch den Lebensprozeß verbraucht, also zerstört werden. Die infolgedessen im Körper vorhandenen Zerfallsprodukte müssen nun aus ihm wieder herausgeschafft werden, da sie sich ununterbrochen vermehrend ja sonst jedes Weiterleben unmöglich machen würden. Dieses Hinausschaffen kann natürlich nur so geschehen, daß das Blut sie mit fortführt. Mit diesem gelangen sie, die alle, um in der Blutbahn zirkulieren zu können, von Natur aus wasserlöslich sind, schließlich in die Nieren, welche die Aufgabe haben, das überflüssige Wasser aus dem Körper auszuscheiden. In diesem sind nun diese Zerfallsprodukte gelöst. Wir entleeren dieses Wasser von Zeit zu Zeit als Harn. In ihm finden wir daher allen Stickstoff des verbrauchten Eiweißes wieder und zwar den größten Teil davon in Form eines sehr einfach zusammengesetzten Körpers, der den Namen Harnstoff erhalten hat. Bestimmt man daher die Menge Harnstoff, die der Mensch in 24 Stunden ausscheidet, so kann man hieraus die Menge Eiweißstoffe, die er während dieser Zeit zu seiner Existenz verbraucht hat, leicht berechnen.

Die Bezeichnung Eiweißstoffe rührt natürlich vom Eiereiweiß her, hat aber im Laufe der Zeit jene weit umfassendere Anwendung gefunden, deren Definition wir oben gegeben haben. Infolgedessen kann es z. B. im Wasser lösliche und in ihm unlösliche Eiweißstoffe geben.

Die wasserlöslichen Eiweißstoffe, z. B. also das Hühnereiweiß, gerinnen beim Kochen. Die Umwandlung ist eine höchst merk-

würdige. Wenigstens ist unter der Unzahl von Substanzen, die die Chemiker im Laufe der Zeiten dargestellt haben, keine einzige, welche diese Eigenschaft zeigt.

Der hauptsächlichste Eiweißbestandteil der Milch, welcher den Namen Caseïn führt, verträgt dagegen das Kochen, ohne sich zu verändern, also ohne zu gerinnen. Kommt aber nur die geringste Menge Säure in Milch, so scheidet sich dieser Eiweißstoff sofort in Flocken ab. Jetzt gerinnt die Milch, wie wir es uns hier sichtbar machen wollen, indem wir ihr einen Tropfen Essig zusetzen.

Die Menge des Caseïns und der sonstigen Bestandteile in der Milch und im Rahm lehrt uns folgende Tabelle kennen:

	Milch	Rahm	
Wasser	87,70	68,82	Prozent
Caseïn	2,91	3,76	„
sonstiges wasserlösliches Eiweiß	0,52		
Fett	3,32	22,66	„
Milchzucker	4,84	4,23	„
Asche	0,71	0,53	„

An warmen Sommertagen wird nun die Milch scheinbar von selbst sauer, und gerinnt Ihnen meist ganz gegen Ihren Willen. Dieses Sauerwerden hängt so zusammen. Außer dem Caseïn, das also etwa drei Prozent ausmacht, enthält sie als spezifischen Bestandteil den Milchzucker, dessen Menge über vier Prozent beträgt, und dieser kann, wie die meisten Zucker, gären, d. h. unter bestimmten Voraussetzungen ohne eine eigentlich chemische Einwirkung in andere Stoffe übergehen.

Voraussetzung für jede Gärung sind gewisse überall in der Luft vorhandene Lebewesen, Pilze, heute Bacillen genannt, die ihre Wirksamkeit aber nur bei Erfüllung ihnen zusagender Bedingungen äußern. So wirkt der Milchsäurebacillus — so genannt, weil er den Milchzucker in Milchsäure verwandelt, wir werden ihm im weiteren Verlaufe der Vorträge noch öfters begegnen — erst bei Temperaturen etwa zwischen 20 und 30° lebhaft auf die Milch ein, und gerinnt diese daher durch die sich darin bildende Milchsäure nur an sehr warmen Tagen.

Gerinnt die Milch durch Sauerwerden, so geschieht das also durch Abscheidung ihres Caseïngehalts. Man bringt sie aber auch absichtlich in anderer Weise und zwar mittels Lab zur Gerinnung. Das, was auf diese Art abgeschieden wird, dient, passend hergerichtet, unter dem Namen Käse als Nahrungsmittel. Das erwähnte Lab ist ein Ferment nach Art des Pepsins, welches wir schon kennen, nur findet sich dieses Ferment, das also die Verkäsung der Milch ermöglicht, nicht in jeder Magenwand, sondern speziell in der Schleimhaut des vierten Kälbermagens.

Bei der wichtigen Rolle, die die Milch namentlich in der Kinderernährung spielt, hat man sich lange bemüht, sie, die doch an und für sich eine ganz haltbare Flüssigkeit ist, für längere Zeit zu konservieren, also z. B. das Sauerwerden derselben zu verhindern.

Zu dem Zweck dient in den Familien heute meist der Soxhletsche Apparat. In diesem wird sie in einer geschlossenen Flasche auf 100° erhitzt. Damit erreicht man die Abtötung aller darin vorhandenen Bacillen, also z. B. auch aller Bakterien, die die Fäulnis veranlassen, womit man deren Eintritt unmöglich macht. Infolge des völlig dichten Verschlusses können nun, bis zum Wiedereröffnen der Flasche, keine neuen Bacillen aus der Luft hineinfallen, folglich kann auch die Milchsäuregärung und damit die Gerinnung nicht eintreten.

Vollkommen identisch mit der ungekochten ist die in einem derartigen Apparate gekochte Milch aber nicht, wie sich das auch in der Praxis zeigt, da sie manchen Kindern, die ausschließlich derartige Milch erhalten, nicht bekommt, indem sie zu Verstopfungen neigen. Der Unterschied besteht in folgendem. Das Caseïn, das Fett, der Milchzucker usw. sind wohl unverändert geblieben, aber jene wasserlöslichen Eiweißstoffe (siehe die Tabelle Seite 62), die neben dem Caseïn in der Milch vorkommen, sind durch die Kochhitze, der sie ausgesetzt gewesen sind, geronnen und dadurch schwerer verdaulich geworden. Das Gesamtquantum dieser in der ungekochten Milch gelösten Eiweißstoffe beträgt also ca. 0,5 Proz., das ist etwa der sechste Teil vom Gewichte des Caseïns.

Lernten wir bisher Eiweißstoffe kennen, die, sei es durch Hitze, sei es durch Säure gerinnen, so gibt es auch solche, die nur, solange sie sich im lebenden Körper befinden, gelöst bleiben, nach dem Verlassen desselben aber sehr bald erstarren. Solche Stoffe finden sich im Blute, und scheidet sich dieses, wie ja allgemein bekannt ist, nach dem Verlassen des Körpers beim Stehen an der Luft sehr bald in eine feste Masse und eine Flüssigkeit. Die feste, rotgefärbte plastische Masse wird durch Waschen mit Wasser farblos, sie führt dann den Namen Fibrin, und das ist der Stoff, den wir zu unseren Verdauungsversuchen benutzten, weil er also mit am leichtesten, wie die Erfahrung gelehrt hat, bei künstlichen Verdauungsversuchen peptonisiert wird, was für Vorlesungsversuche besonders vorteilhaft ist.

Die nach Abscheidung des Fibrins aus dem Blute übrigbleibende Flüssigkeit führt den Namen Blutwasser oder Serum. Behandelt man Tiere mit den giftigen Stoffen, die die Diphtheriebacillen in den Nährböden, auf welchen man sie züchtet, erzeugen, so kommt nach den Erfahrungen der neuesten Zeit dem Serum dieser Tiere eine heilende Wirkung bei Diphtherieerkrankungen des Menschen zu.

Wir wollen uns nun nicht tiefer in die bald sehr schwierig werdende Einteilung der Eiweißstoffe einlassen, zu denen im chemischen Sinne z. B. auch das Fleisch gehört, da es ein höchst kompliziert zusammengesetzter stickstoffhaltiger Körper ist.

Bemerkt sei nur noch folgendes. Wie wir wissen, entstehen die Eiweißstoffe im Pflanzenreich. So sind im Weizenmehl etwa zehn Prozent, so mögen selbst im Gras im Durchschnitt zwei bis drei Prozent, im Heu wiederum zehn bis zwölf Prozent vorhanden sein. Die Landwirte kaufen nun heute, wenn sie mit dem selbst gebauten Vorrat an Viehfutter nicht auskommen, Futterstoffe zu, die wegen ihres hohen Nährstoffgehaltes, wie allgemein bekannt ist, Kraftfuttermittel genannt werden. Es sind das meist Kleie und die durch Pressen gewonnenen Kuchen, welche bei der Gewinnung von Öl aus ölreichen Pflanzensamen als Preßrückstand erhalten werden. Kleienanalysen werden wir

Seite 74 finden. Sie bezahlen diese Futtermittel geradezu nach ihrem Gehalt an Eiweißstoffen, der bis zu fast 50 Prozent, wie z. B. in den entfetteten Preßrückständen der Sonnenblumensamen, ansteigen kann. Dies ist deshalb der bequemste und vernünftigste Zahlungsmodus, weil der Gehalt an Eiweiß durch die chemische Analyse leicht festgestellt werden kann. Um nun den Namen Eiweiß, bei dem man unwillkürlich an Hühnereier denkt, und der daher als Benennung für Bestandteile von Pflanzensamen für den Laien, also auch für die überwiegende Zahl der Landleute, etwas Seltsames hat, zu vermeiden, bezeichnet die Handelswelt die Eiweißstoffe der Futtermittel als Proteïnstoffe.[1])

Betrachten wir nunmehr den Erfolg unserer Verdauungsversuche. Da sehen wir, daß das Pepsin allein im Glase 1 weder auf das Fibrin noch auf das hartgekochte Einweiß irgendwie verändernd gewirkt hat. Die Salzsäure allein hat im Glase 2 wohl ein Aufquellen des Fibrins veranlaßt, es aber nicht gelöst, während das hartgekochte Eiweiß ebenfalls nicht verändert erscheint.

Ganz anders dagegen hat unser Gemisch von Pepsin und Salzsäure in den Gläsern 3 und 4 gewirkt. In dieser der Verdauungsflüssigkeit des Magens entsprechenden Mischung ist im Glase 3 das Fibrin geradezu verschwunden, es ist aufgelöst worden, und wenn man das näher untersucht, findet man, daß es in einen wasserlöslichen Eiweißstoff, den man, wie erwähnt, Pepton nennt, übergegangen ist. Unser hartgekochtes Eiweiß ist im Glase 4 gleichfalls stark angegriffen, wenn auch noch nicht ganz gelöst und nicht völlig in Pepton verwandelt, es ist eben schwerer verdaulich als das Fibrin. Wollten wir mehr Zeit auf den Versuch verwenden, so würden wir es aber auch schließlich völlig als Pepton in Lösung gehen sehen.

In der Wirklichkeit verhält sich die Sache selbstverständlich ebenso. Hartgekochte Eier gelten mit Recht für schwerverdaulich, aber schließlich schadet es natürlich einem gesunden Menschen

---

1) Anmerkung: Die Bezeichnung Proteïnstoffe stammt vom griechischen proteuo (πρωτεύω), ich nehme den ersten Rang ein, her. Sie ist seit dem Jahre 1840 etwa in der Wissenschaft gebräuchlich, und bezieht sich auf die hervorragende Rolle, die den Eiweißstoffen in der lebenden Welt zukommt.

nichts, wenn ihr Auflösungsprozeß im Magen etwas mehr Zeit als bei anderen Nahrungsmitteln, wie Fleisch z. B., in Anspruch nimmt, während für einen nicht ganz Gesunden hiernach harte Eier nicht gerade empfehlenswert sind.

Die Eiweißstoffe sind sicher die in chemischer Beziehung kompliziertesten Stoffe, die es überhaupt gibt, und durch Verdauung gehen sie also in Peptone über. Nun ist es Fischer in Berlin in den letzten Jahren gelungen, peptonähnliche Körper im Laboratorium darzustellen. Diese Arbeiten sind das wunderbarste, was auf dem Gebiete der wissenschaftlichen Chemie bisher überhaupt geleistet worden ist, und den weiteren Erfolgen dieses genialsten Forschers sieht die Wissenschaft mit gespanntester Aufmerksamkeit entgegen.

In Anschluß an das Eiweiß haben wir noch den Leim zu besprechen. Die Knorpel, die Knochen und das ganze sogenannte Bindegewebe des tierischen Körpers enthalten Substanzen, die, wenn man sie mit Wasser kocht, schließlich in Lösung gehen, und der erhaltenen Flüssigkeit die Eigenschaft erteilen, beim Erkalten zu gelatinieren. Durch Eintrocknen dieser gelatinierten Flüssigkeit erhält man den Leim, der in dieser Form für Klebzwecke Verwendung findet.

Auch er ist stark stickstoffhaltig. Sein Prozentgehalt daran weicht nicht viel von dem des eigentlichen Eiweißes ab, von dem wir hier im Zusammenhang mit ihm Analysen geben. Daher vermag der Leim in der Nahrung, in die er also z. B. beim Kochen von Knochen usw. mit übergeht (siehe Seite 91), auch teilweise das Eiweiß zu vertreten. Er findet sich, wie wir uns sagen können, namentlich in Suppen und Saucen.

	Hühnereiweiß	Pflanzeneiweiß aus Weizen	Leim	
Kohlenstoff	52,25	54,3	50,1	Proz.
Wasserstoff	6,90	7,2	7,5	„
Stickstoff	15,25	16,2	17,5	„
Schwefel	1,93	1,0	—	„
Sauerstoff	23,67	21,3	24,9	„

Vierter Vortrag.

Gemischte Kost. Butter. Margarine. Künstliche Speisefette. Stärkemehl. Die Zuckerarten. Das Süßwerden der Früchte. Diät der Zuckerkranken. Traubenzucker. Bonbons. Zuckercouleur. Rohrzucker. Exportprämien. Saccharin. Die Nahrungsaufnahme. Kochsalz. Eisen. Zweck des Kochens. Suppe. Brotbacken. Kochen der Kartoffeln.

Das mit den Nahrungsmitteln aufgenommene Eiweiß dient zum Wiederersatz der durch den Lebensprozeß verbrauchten Eiweißstoffe des Körpers.

Außer für deren Erneuerung hat der Körper aber noch weitere Nahrungsmittel nötig, welche seinen fortdauernden Kraftverbrauch ermöglichen. Dieser macht sich z. B. in seiner willkürlichen Bewegung als ganzes oder der unwillkürlichen Bewegung seiner einzelnen Teile, sagen wir des Herzens, geltend. Weiter müssen die Nahrungsmittel seine Temperatur dauernd auf der für die Lebensfunktionen nötigen Höhe erhalten, indem ihr Kohlenstoffgehalt schließlich zu Kohlensäure verbrennt, — ein Vorgang, von dem wir uns schon im ersten Vortrage überzeugten.

Zum Ersatz gerade der durch die Atmung ausgegebenen Kohlensäure (siehe Seite 10), also zur Erhaltung der Körperwärme, bedarf er z. B. keiner stickstoffhaltigen Nahrung, also keines Eiweißes, da doch Kohlensäure nur aus Kohlenstoff und Sauerstoff besteht.

Nun hat uns die Natur, wie schon erwähnt, einen ziemlich weiten Spielraum hinsichtlich der Nahrungsmittel gelassen, und bei sehr reichhaltiger Eiweißkost kann, wenn das auch durchaus nicht nötig ist, dessen Kohlenstoffgehalt den gesamten Bedarf

des Tierkörpers auch daran decken. Das wird namentlich durch die Raubtiere bewiesen, die ja zum Teil ausschließlich Fleisch konsumieren, und die Analysen desselben zeigen, daß es kaum stickstofffreie Nährstoffe enthält, also fast reine Eiweißkost (siehe die Analysen Seite 91) ist.

Nötig für die Erhaltung des Körpers ist die reine Eiweißnahrung also sicher nicht, und so genießen die Menschen erfahrungsgemäß am liebsten gemischte Kost, d. h. im Laufe des Tages eine Folge von Speisen, deren Gehalt an Eiweiß zum Ersatz des Verbrauchs daran ausreichend ist, und die andererseits so viel stickstofffreie Nahrung enthalten, daß sie für die nötige Arbeitsleistung und Erhaltung der Körperwärme genügt. Durch Zufuhr von Wasser oder flüssigen Nahrungsmitteln decken sie nebenbei ihren Bedarf auch daran.

Die stickstofffreien Nahrungsmittel zerfallen in zwei große Klassen, in die **Fette** und die **Kohlenhydrate.** Da nun sowohl Fette als auch Kohlenhydrate stickstofffrei sind, und infolgedessen bei beiden für die Ernährung nur ihr Kohlenstoffgehalt in Betracht kommt, vermögen sie sich, was höchst wichtig ist, in den Nahrungsmitteln gegenseitig zu vertreten.

Die Fette, die als Nahrungsmittel Verwendung finden, entstammen großenteils dem Tierreich, aber auch dem Pflanzenreich. Letztere nennen die Nichtchemiker zumeist Öle; es sei an das Olivenöl erinnert. Die Kohlenhydrate dagegen finden sich nur in minimalster Menge im Tierkörper. Alle, die uns als Nahrungsmittel dienen, liefert das Pflanzenreich, wie wir sehr bald sehen werden.

Aus dem bisher Mitgeteilten schon erklärt es sich z. B. sehr leicht, daß die Grönländer, wie es Reisende immer wieder als Merkwürdigkeit mitteilen, so reichlich Tran, also Fett trinken. Da das Klima dort keinen Landbau gestattet, und sie infolgedessen keine pflanzlichen Nahrungsmittel, also kein Mehl, keinen Zucker usw. zur Verfügung haben, müssen sie ihren ganzen Bedarf an stickstofffreier Nahrung durch Verzehren von Fetten,

hier speziell Tran decken. In unseren Gegenden genießt man beide Klassen von stickstofffreien Nahrungsmitteln. Fette in Form von Fett oder Butter und Kohlenhydrate in Form von Brot (bzw. anders zubereiteten Mehlspeisen), Kartoffeln und ähnlichem. Weiter nach dem Süden treten dann pflanzliche Fette in den Kreis der Nahrungsmittel wie das Olivenöl. Wie wir sehen, hat also der Mensch instinktiv sein Bedürfnis an Fetten und Kohlenhydraten der Gegend, in welcher er lebt, anzupassen gewußt.

In unseren Breiten wird ein sehr großer Teil des Fettes in Form von Butter, die wir aus Milch gewinnen, genossen. Überläßt man Milch sich selbst, so trennt sie sich bei längerem Stehen, indem die leichten Fettkügelchen allmählich nach oben steigen, in zwei Schichten, den Rahm und die entfettete oder abgerahmte Milch. Die einzelnen Fettkügelchen treten bei dem heftigen Schlagen, dem der Rahm hernach im Butterfaß ausgesetzt wird, zu Butter zusammen, wobei sie zugleich aus dem flüssigen in den festen Zustand übergehen.

Die Aufgabe, Kunstbutter herzustellen, ist infolge einer Anregung Napoleon des Dritten, welcher ein gutes billiges Ersatzmittel der teuren Naturbutter für die minderbemittelten Volksklassen wünschte, von Mége-Mouriès im Jahre 1870 gelöst worden.

Zur Gewinnung der Kunstbutter dient Rindertalg. Dieser wird bei etwa 50° ausgeschmolzen, worauf die erhaltene ölige Schmelze nach längerem Stehen von den Häuten, die sich inzwischen zu Boden gesetzt haben, abgezogen wird. Die jetzt ganz klare Flüssigkeit wird nach Zugabe von Salz etwa 24 Stunden bei zirka 25° Celsius stehen gelassen, wobei sie teilweise wieder erstarrt, und sodann in Pressen, die die gleiche Temperatur haben, ausgepreßt. Der Preßrückstand, der zum größten Teil aus dem härtesten Teil des Talgs, dem stearinsauren Glycerin besteht, geht in die Stearinkerzenfabrikation (siehe Seite 22), während das Abfließende unter dem Namen Oleomargarin als Speisefett Verwendung findet. Die Fabrikation von Oleomargarin ist eigentlich nur noch in Amerika lohnend, wo die Massen von geschlachtetem Rindvieh, dessen Fleisch als Dauerware in den

Handel kommt, das nötige Fett, das sonst kaum rationell verwendbar wäre, liefern. Das Oleomargarin wird von dort in größten Mengen nach Europa exportiert. Soll es hier in Kunstbutter verwandelt werden, so setzt man ihm bis zu einem Drittel seines Gewichtes an Baumwollsamenöl und Sesamöl, sowie etwa die Hälfte seines Gewichtes an Kuhmilch, und etwas Curcuma zum Gelbfärben zu. Das Pflanzenöl dient dazu, das bei Zimmertemperatur ziemlich harte Oleomargarin auf Butterkonsistenz zu bringen. Die Milch, die den Buttergeschmack liefert, findet für die guten Sorten als Vollmilch Verwendung, während zur Herstellung der billigen Qualitäten abgerahmte Milch benutzt wird. Beim kräftigen Durcharbeiten, welches in besonderen zu diesem Zweck konstruierten Mischmaschinen erfolgt, sondert sich das Gemisch der beschriebenen Substanzen allmählich in zwei Teile, in die Kunstbutter oder Margarine und in eine wässerige Flüssigkeit.

Wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, ist an einer sauber hergestellten Kunstbutter als Nahrungsmittel nichts auszusetzen. Denn gereinigtes Baumwollsamenöl ist dem Olivenöl so ähnlich, daß z. B. heute auch bei Herstellung der französischen Ölsardinen kein Olivenöl mehr, sondern nur noch Baumwollsamenöl benutzt wird.

Nachdem bei uns die Fabrikation und namentlich der Verkauf der Margarinebutter jetzt strengster staatlicher Kontrolle unterworfen sind, liegt für diejenigen Bevölkerungsschichten, die nicht gerade Anspruch auf allerteuerste Kuhbutter, deren Geschmack die Kunstbutter nie erreichen wird, machen können, kein Grund vor, gute Margarinebutter nicht den billigen Sorten schlecht hergestellter Kuhbutter vorzuziehen, mit welcher erstere im Preise sehr wohl konkurrieren kann.

Außer in Form von Butter findet das Fett, welches die Fleischer im frischen Zustande mit dem Fleische liefern, wohl die größte Verwendung als Nahrungsmittel, und daran schließen sich das Schweineschmalz, welches massenhaft aus Nordamerika in den Handel gebracht wird, und die Speisefette. Speisefette verhalten sich zur Kunstbutter wie sich Schmalz zur Naturbutter verhält. Die Speisefette bestehen zumeist aus Oleomargarin, dem

so viel Baumwollsamenöl zugefügt ist, daß das Ganze nicht mehr Butter-, sondern nur noch Schmalzkonsistenz zeigt. Während Margarine infolge der zu ihrer Herstellung nötigen Milch allmählich verdirbt, sind Speisefette von fast unbegrenzter Haltbarkeit. Auch an Speisefetten ist also nichts auszusetzen, wenn sie sauber hergestellt werden, was bei diesen aber leider weit weniger kontrolliert wird.

Wir verlassen nunmehr die Fette und gehen zu den Kohlenhydraten über.

Sie haben ihren Gattungsnamen nach dem Verhältnisse, in welchem die Elemente sie zusammensetzen, erhalten und umfassen das Stärkemehl, den Zucker und ähnliche Stoffe, die wir weiterhin kennen lernen werden. Sie alle enthalten nur die drei Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und der Zucker, welcher in den Weintrauben sich findet, und der deshalb Traubenzucker genannt wird, besteht z. B. aus folgender Anzahl von Atomen:

Traubenzucker

6 Atome Kohlenstoff (abgekürzt C)
12 „ Wasserstoff (abgekürzt H)
6 „ Sauerstoff (abgekürzt O)

oder mit den uns jetzt leicht verständlichen Abkürzungen (siehe Seite 25) geschrieben, ist seine Formel

$$C_6H_{12}O_6$$

Das Verhältnis in ihm zwischen den Atomen Wasserstoff und Sauerstoff ist darnach wie 2 zu 1, das ist das gleiche Verhältnis wie im Wasser, dessen so bekannte Formel ja H_2O ist. Indem man nun in älteren Zeiten annahm, daß in dieser Klasse von Verbindungen am Kohlenstoff sozusagen Wasser säße, nannte man die Gruppe — denn in allen zu ihr gehörigen Körpern liegen die Verhältnisse ebenso, d. h. ist das Verhältnis der Wasserstoffatome zu den Sauerstoffatomen wie 2 zu 1 — Kohlenhydrate.

Heute weiß man durch geradezu bewundernswerte Arbeiten Fischers, die erst im letzten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts zum Abschluß gediehen sind, daß das Verhältnis der Analysen-

zahlen nur durch reinen Zufall sich in der angegebenen Art deuten läßt, und so ist die Benennung Kohlenhydrate ganz und gar hinfällig, sie wird aber als bequeme Allgemeinbezeichnung dieser Körperklasse beibehalten.

Die Stärke oder das Stärkemehl ist ein im Pflanzenreiche ganz allgemein verbreiteter Stoff. Sie ist das für die Ernährung des Menschen wichtigste Kohlenhydrat, weil wir sie mit allen Nahrungsmitteln, die dem Pflanzenreiche entstammen, genießen. Die chlorophyllhaltigen Körner der Blätter vermögen die Kohlensäure der Luft zu ihrem Aufbau zu benutzen, wie wir schon Seite 40 erwähnten. Daher finden wir die Stärke in allen grünen Blatteilen. Schließlich sammelt sie sich während des Lebensprozesses der Pflanzen hauptsächlich in denjenigen Organen der Pflanzen, die als Reservestoffbehälter (siehe im fünften Vortrage bei der Bierbereitung) dienen. Wir treffen sie daher besonders reichlich in den Knollen und Wurzeln, in den Früchten und Samen an. Wenn auch die chemische Formel für Stärke, aus welcher Pflanze sie auch stamme, die gleiche ist, $C_6H_{10}O_5$, d. h. also, wenn auch jedes Molekül Stärke aus sechs Atomen Kohlenstoff, zehn Atomen Wasserstoff und fünf Atomen Sauerstoff besteht, so haben doch die Stärkekörnchen der verschiedenen Pflanzen, wenn man sie unter dem Mikroskop betrachtet, ein voneinander abweichendes Aussehen, sie sind, wie man sich ausdrückt, in ihrer Struktur verschieden.

Abgesehen davon, daß wir also die Stärke gemischt mit anderen Stoffen, z. B. als Brot (siehe Seite 95) genießen, gewinnt man für sie manche technischen Zwecke als solche, und zwar bei uns namentlich aus Kartoffeln, aus Weizen, aus Reis und auch aus Mais. Im großen ganzen vollzieht sich die Fabrikation so, daß man z. B. Kartoffeln zerreibt, und den Brei durch ein feines Sieb laufen läßt. Alle groben Bestandteile bleiben auf demselben, während das im Wasser aufgeschwemmte Stärkemehl mit dem Wasser durch die Maschen hindurchgeht. Die auf diesem Wege erhaltene milchweiße Flüssigkeit läßt man in Bottichen stehen, in denen sich die Stärkekörner allmählich zu

Boden setzen. Der Bodensatz wird, nach dem Ablassen der überstehenden Flüssigkeit, möglichst entwässert, und schließlich bei nicht zu hoher Temperatur getrocknet. Erwärmt man nämlich feuchte Stärke auf etwa 50 bis 60°, so ändert sie sich vollständig. Sie verliert ihre Struktur gänzlich und geht in das über, was wir Kleister nennen. Wie also Hühnereiweiß bei dieser Temperatur gerinnt, verändert sich auch bei dieser Temperatur feuchte Stärke völlig.

Je nach der Ursprungspflanze bezeichnet man sie als Kartoffelstärke, Weizenstärke usw. Ausländische Stärkemehle führen Fremdnamen wie Arrow-Root, welches aus den Wurzeln verschiedener tropischer Pflanzen gewonnen wird, und deshalb sind nicht alle Sorten, die unter diesem Namen im Handel sind, identisch.

Etwas anders verhält es sich mit der Sagostärke. Diese wird aus dem Mark einiger Palmen, ähnlich wie die Kartoffelstärke aus den Kartoffeln, durch Schlemmen gewonnen. Das fast trockene Material wird aber schließlich durch ein Sieb auf warme Metallplatten fallen gelassen. Hierbei verkleistern die durchgesiebten Teilchen äußerlich und kleben zu jenen rundlichen Körnern zusammen, die unter dem Namen Sago in den Handel kommen, und der angegebenen Behandlungsweise ihre Form verdanken.

Um zu zeigen, wieviel Stärkemehl in den Samen und Knollengewächsen, die uns hauptsächlich zur Nahrung dienen, enthalten ist, seien hier die entsprechenden Analysen angeführt. Bei den Getreidesamen ist die Zusammensetzung im gemahlenen Zustande angegeben, da wir doch nur ihr Mehl als Nahrungsmittel verwenden.

		Feinstes Weizenmehl	Roggenmehl mittl. Zusammensetzung	Kartoffeln mittl. Zusammensetzung	
	Wasser . . .	14,86	15,06	75,48	Prozent
	Eiweißstoffe .	8,91	11,52	1,95	„
	Fett	1,11	1,79	0,15	„
Kohlenhydrate	**Stärke** . . .	**65,93**	**62,00**	**20,69**	„
Kohlenhydrate	Zucker . . .	2,23	0,95	—	„
Kohlenhydrate	Gummi und Dextrin . .	6,03	4,86	—	„
	Cellulose . .	0,33	2,01	0,75	„
	Asche . . .	0,55	1,71	0,98	„

Wie Seite 64 erwähnt, dient die Kleie, das sind die Hülsen der Körner nebst dem, was nach dem Mahlen des Getreides nicht durch die feinen Siebe als Mehl hindurchfällt, als Viehfutter, und wollen wir hier auch ihre Analyse anreihen.

	Weizenkleie	Roggenkleie	
Wasser . . .	13,2	12,5	Prozent
Eiweiß . . .	14,1	14,5	„
Fett	3,7	3,4	„
Kohlenhydrate	56,0	59,0	„
Cellulose . .	7,2	6,0	„
Asche . . .	5,8	4,6	„

Aus den Analysen geht hervor, daß die Kleie reicher an Eiweiß als das Mehl ist, und daher gelten kleienreiche Brote mit Recht als sehr nahrhaft. Jedoch ist ihr Aussehen nicht besonders schön, und auch über ihren Geschmack läßt sich streiten. Gerade wegen ihres höheren Eiweißgehaltes werden sie allerdings Zuckerkranken (siehe Seite 76) sehr empfohlen.

Die Cellulose, die, wie wir aus den mitgeteilten Analysen ersehen, sich in allen Mehlen findet, ist auch ein Kohlenhydrat von der Formel $C_6H_{10}O_5$ und muß deshalb als solches in den Analysen mit angegeben werden. Da sie aber als ganz unverdaulich bezeichnet werden muß, repräsentiert sie im Gegensatz zu den anderen Kohlenhydraten der Nahrungsmittel keinen Nährwert.

Wir gehen jetzt zu den Zuckern über. Wir sagen zu den Zuckern, weil in der Natur eine ganze Reihe von Zuckerarten vorkommen, wenn auch ihre Anzahl weit kleiner als die der Stärkemehle ist. Wir kennen alle vom täglichen Gebrauch her den Rohrzucker, und haben von sonstigen Zuckern in den Vorträgen bereits den Milchzucker (Seite 62) und den Traubenzucker (Seite 71) kennen gelernt.

Stärke und Zucker sind nun, vom chemischen Standpunkte aus betrachtet, einander sehr nahestehende Kohlenhydrate. Die Stärke geht mit großer Leichtigkeit in Zucker und zwar speziell leicht in Traubenzucker über. Das nehmen wir im Leben häufig wahr. So schmecken unreife Früchte nicht süß, können aber, wie z. B. Erdbeeren, diesen Geschmack in wenigen Stunden an-

nehmen. Der diese Umwandelung bewirkende Vorgang ist der, daß ein Teil der in der Erdbeere vorhandenen Stärke sich beim Reifwerden in Zucker verwandelt. Nicht nur das Reifen veranlaßt diesen Übergang, sondern er kann auch beim Abkühlen von Früchten unter 0^{0} eintreten. So schmecken bekanntlich Kartoffeln nach dem Erfrieren — wenn auch durchaus nicht schön — so doch süß. Auch hier ist die Ursache der Veränderung die gleiche.

Der Übergang von Stärke in Zucker läßt sich sogar in kürzester Zeit vor Ihren Augen ausführen. Geben wir nämlich in Wasser, dem wir etwas Säure, z. B. Salzsäure zusetzen, Stärkemehl, und kochen das Gemisch kurze Zeit, so ist schon ein Teil der Stärke in Zucker übergegangen, was wir an der folgenden chemischen Reaktion erkennen.

Fügen wir zu Wasser Natronlauge und Kupfervitriollösung, so erhalten wir einen blauen Niederschlag von Kupferoxydhydrat, der beim Kochen der Flüssigkeit schwarz wird, weil er in Kupferoxyd übergeht. Zusatz von Stärke ändert diese Reaktion nicht. Nehmen wir aber die Lösung, die wir soeben durch Kochen der Stärke mit etwas Salzsäure erhalten haben, und setzen ihr Natronlauge und dann Kupfervitriollösung zu, so erhalten wir nicht wie vorher einen blauen Niederschlag, sondern eine himmelblaue klare Flüssigkeit. Kochen wir diese, so färbt sie sich nicht schwarz durch Kupferoxyd, sondern rot durch jetzt entstehendes Kupferoxydul.

Die Rotfärbung unter diesen Bedingungen ist eine dem Traubenzucker eigentümliche Reaktion. Dieser Zucker muß hier also aus dem Stärkemehl durch Kochen mit einer Säure entstanden sein. Von der chemischen Seite betrachtet, ist der Übergang sehr leicht verständlich. Die Stärke braucht nur einmal die Elemente des Wassers, also H_2O aufzunehmen, um in Traubenzucker verwandelt zu sein.

Stärke besteht aus	nimmt Wasser auf	und liefert Traubenzucker, bestehend aus
6 Kohlenstoffatomen		6 Kohlenstoffatomen
10 Wasserstoffatomen	2 Wasserstoffatome	12 Wasserstoffatomen
5 Sauerstoffatomen	1 Sauerstoffatom	6 Sauerstoffatomen

oder abgekürzt geschrieben

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6$$

Stärke + Wasser = Traubenzucker

An der Rotfärbung, die eine Traubenzucker enthaltende Lösung nach Zusatz von Natronlauge und Kupfervitriollösung beim Kochen gibt, welche der Geübte in gleicher Weise mit zuckerhaltigem Harn erhält, erkennt er die Zuckerkrankheit. Denn Zuckerkranke scheiden speziell Traubenzucker, weil er sich aus dem Stärkemehl der Nahrungsmittel im Körper bildet, mit ihrem Harn aus. Solcher Harn[1]) gibt mit den gleichen Chemikalien wie eine reine Traubenzuckerlösung versetzt nach dem Erwärmen durch den Einfluß anderer Harnbestandteile einen nicht rein roten, sondern gelbroten Niederschlag.

Die Diät, die die Zuckerkranken einhalten sollen, die ihnen und ihrer Umgebung so oft hinsichtlich des erlaubten und verbotenen Genusses von Speisen und Getränken Kopfzerbrechen verursacht, ist nach dem, was wir nunmehr wissen, für uns aus sich selbst klar, erscheint uns geradezu selbstverständlich. Denn Eiweiß kann nicht in Zucker übergehen, da zwischen ihm und Zucker ein chemischer Zusammenhang kaum besteht (das ereignet sich nur in den allerschwersten Stadien der Zuckerkrankheit, in welchen der ganze Stoffwechselumsatz des Körpers bereits so in Unordnung geraten ist, daß die gewöhnliche Art der Ausnutzung der Nahrungsmittel im Körper gar nicht mehr stattfindet. Diese von der gewöhnlichen durchaus verschiedene Form der Zuckerkrankheit berücksichtigen wir hier natürlich nicht). Ebenso ist ein näherer chemischer Zusammhang zwischen Fett und Zucker nicht vorhanden, und so werden weder Eiweiß noch Fett zur Entstehung von Zucker im Körper Veranlassung geben. Wohl aber haben wir uns jetzt überzeugt, wie nahe Stärke und Zucker einander stehen und wie leicht Stärke in Zucker übergeht.

---

1) Anmerkung: Verfasser hat in einem kleinen Büchelchen „Praxis der Harnanalyse" das praktisch Wichtige über die Analyse des Harns in ganz besonders leicht erlernbarer Form dargestellt.



Genießt man z. B. Brot, so wird sein Stärkemehlgehalt durch die Verdauung im Darm in Zucker übergehen, und dieser wird, da er wasserlöslich ist, von da aus mittels Diffusion (siehe Seite 10) resorbiert werden und so in die Blutbahn gelangen. Im gesunden Körper wird der Zucker sodann völlig für die Erhaltung des Körpers verbraucht, und sein Kohlenstoffgehalt wird schließlich als Kohlensäure ausgeatmet, sein Wasserstoffgehalt zu Wasser oxydiert werden, wir finden daher nichts davon im Urin. Durch den Körper des Zuckerkranken dagegen geht ein Teil des Zuckers unausgenutzt durch und wird als solcher im Urin ausgeschieden, wo ihn die chemische Analyse leicht nachweist. Der Körper des Zuckerkranken arbeitet also nicht mehr normal, nutzt den in die Blutbahn gelangten Zucker nicht mehr vollständig nach Art des gesunden Körpers aus. Das Auffinden von Zucker im Urin ist somit ein Zeichen für das nicht mehr ganz tadellose Funktionieren des Körpers.

Ein Zuckerkranker wird also bei Eiweiß- und Fettnahrung, wenn er demnach Fleisch, Eier, Butter oder ähnliches, also namentlich Nahrung tierischen Ursprungs genießt, keinen Zucker abscheiden, und deshalb ist seine Diät die, daß er sich, so weit er es zu ertragen vermag, möglichst an Eiweiß und Fettnahrung hält. Als Fettnahrung können auch das Olivenöl und ähnliche Pflanzenöle dienen. Dagegen werden der Zucker selbst und aus Mehl bereitete Speisen, also Brot oder Kartoffeln, sowie Obst, kurzum so ziemlich alle dem Pflanzenreich entstammenden Nahrungsmittel, die doch, wie wir auseinandergesetzt und wie aus ihren Analysen (siehe Seite 73) ersichtlich ist, meist einen hohen Gehalt an Stärkemehl haben, bei Zuckerkranken zur Zuckerausscheidung im Urin Veranlassung geben. Deshalb werden die dem Pflanzenreich entstammenden Stärkemehl enthaltenden Nahrungsmittel von ihnen, so viel als möglich ist, gemieden werden müssen.

In nicht sehr schweren Stadien der Krankheit, und die Krankheit tritt ja glücklicherweise verhältnismäßig selten schwer auf, wird der Kranke noch einen bedeutenden Teil des Stärkemehls der Nahrungsmittel nutzbar für die Ernährung seines

Körpers verwerten, diesen Teil also nicht als Zucker ausscheiden. Deshalb bleibt den meisten Zuckerkranken ein wenig Semmel, Roggenbrot, Äpfel usw. zu genießen gestattet. Der nicht schwer Zuckerkranke wird also nicht etwa alles von ihm verzehrte, sondern nur einen kleinen Teil des in seinen Speisen enthaltenen Stärkemehls, ohne es für seine Ernährung verwendet zu haben, also ohne es seinem Körper nutzbar gemacht zu haben, durch den Harn in Form von Traubenzucker verlieren. Wir werden noch öfters z. B. bei den Getränken auf die Diät der Zuckerkranken zurückkommen, und finden sich alle hierauf bezüglichen Stellen im Inhaltsverzeichnis unter dem Titel „Zuckerkranke, Diät der“ zusammengestellt.

Zwischen der Stärke und dem Traubenzucker gibt es noch Zwischenprodukte. Das bekannteste von ihnen ist das Dextrin, welches man z. B. erhalten kann, wenn man Stärke auf 170—200° erhitzt. Es dient oft als Ersatz für arabischen Gummi.

Der Zucker, den man aus Stärke durch Kochen mit Säuren erhalten kann, wird auch fabrikmäßig dargestellt und führt den Namen Stärkezucker oder Traubenzucker. Er ist kaum zum Festwerden, oder wie man das nennt, zum Krystallisieren zu bringen, selbst im Laboratorium macht dies sehr viele Mühe, und die Handelsware bleibt daher stets sirupförmig. Dieser Sirup bildet einen passenden Ersatz für Honig, und so dient er auch viel zur Herstellung der Honig- oder Pfefferkuchen. Seine Hauptrolle spielt er aber in der Bonbonfabrikation. Die Bonbons sollen ja gar nicht so hart, wie Rohrzucker z. B. ist, werden, und dafür ist er deshalb besonders geeignet.

Außerdem dient er zur Herstellung der Zuckercouleur. Erhitzen wir hier ein wenig Traubenzucker in einem Glase, bis er dunkelbraun geworden, und gießen jetzt, nachdem das Glas wieder erkaltet ist, Wasser hinauf, so färbt es sich sofort gelbbräunlich und hat sogleich die Farbe etwa von Kognak. Lassen wir das Wasser ein wenig länger darauf stehen, so entspricht die Färbung bereits der des dunklen Bieres, die übrigens, wie wir sehen werden, nicht auf diesem Wege erzielt wird. Diese sogenannte

Zuckercouleur eignet sich, weil sie völlig unschädlich ist, ausgezeichnet zum Färben von zur Ernährung oder zum Genuß bestimmten Waren und wird sehr viel dazu benutzt.

Weit mehr als der Traubenzucker, den man als solchen im Leben wenig zu sehen bekommt und den wir nur des Zusammenhanges halber, weil er so leicht aus der Stärke entsteht, zuerst besprachen, interessiert uns der Rohrzucker, der uns täglich mehrere Male durch die Hände geht und als Versüßungsmittel aller Speisen dient. Vor seiner Einführung hatte man für diesen Zweck nur den Honig zur Verfügung. Ob uns z. B. die süßen Speisen, die bei den berühmten Gastmählern der alten Römer oder selbst in den Nürnberger Patrizierhäusern des frühen Mittelalters gereicht wurden, mit ihrem Honiggeschmack zugesagt hätten, erscheint sehr fraglich.

Der Rohrzucker ist, wie der Name andeutet, ursprünglich das Erzeugnis eines rohrartigen Gewächses, des Zuckerrohrs. Dieses kommt nur in südlichen Klimaten vor, und durch die Kreuzzüge erst lernten die Europäer den Zucker kennen. Zumeist venetianische Kaufherren brachten ihn damals aus dem Orient und vertrieben ihn durch ganz Europa.

Man verstand aber in jener Zeit nur den sehr süßen Saft der Pflanze, also einen Sirup, daraus zu gewinnen, und die Darstellung des festen Zuckers aus diesem gelang erst um 1400. Etwa noch ein Jahrhundert später lernte man ihn durch Raffination verfeinern, d. h. man löste das feste Produkt nochmals in Wasser, klärte die Lösung und ließ nach dem Einkochen den Zucker aus der jetzt ganz klaren Flüssigkeit wieder auskrystallisieren, wodurch er natürlich viel reiner ausfiel. Das Kilo Zucker kostete damals etwa 22 Mark. Die Mutterlauge, die hierbei übrig bleibt, welche noch viel Zucker gelöst enthält, der nicht mehr auskrystallisieren will, schmeckt ebenfalls angenehm süß. Sie wird natürlich noch heute beim Raffinieren des Rohzuckers aus Zuckerrohr erhalten und wird unter dem Namen Sirup als billiger süßschmeckender Stoff verzehrt.

Nachdem der Zucker durch die Raffination eine recht

appetitlich aussehende Handelsware geworden war, nahm seine Fabrikation einen großen Aufschwung, und alle Länder, in denen das Klima dem Anbau des Zuckerrohrs günstig war, kultivierten dieses eifrig. So ward in Mittelamerika, speziell auf den Antillen, wohin das Zuckerrohr schon im Jahre 1506, also keine 15 Jahre nach der Entdeckung Amerikas gebracht worden war, im sechzehnten und siebzehnten Jahrhundert mit Hilfe von aus Afrika herübergeholten Sklaven so viel Zucker hergestellt, daß dadurch sein Anbau in der übrigen Welt, selbst in dem klimatisch doch gewiß begünstigten Ostindien, zeitweise fast oder gänzlich zum Erliegen kam. Nach Sizilien, dem nördlichsten europäischen Lande, in dem man sich ernstlich mit seiner Kultur beschäftigt hat, war es mit den siegreichen Arabern gelangt. Es ist aber dort seit dem Aufkommen jener amerikanischen Überproduktion schon vor Jahrhunderten wieder verschwunden. Gegenwärtig wird in Europa, wie sich Verfasser zu überzeugen Gelegenheit hatte, Zuckerrohr nur noch an einigen südspanischen Küstenplätzen angebaut, die von den hohen Bergen der Sierra Nevada umklammert, der vollen Südsonne, dagegen niemals rauhen Winden ausgesetzt sind.

Die Entdeckung des Berliner Chemikers Marggraf, der im Jahre 1747 bekannt gab, daß in der Runkelrübe sich derselbe Zucker wie im Zuckerrohr findet, sollte von der folgenschwersten Bedeutung für die europäische Landwirtschaft werden. Ihr ist dadurch, daß man seitdem aus dieser überall in Europa fortkommenden Pflanze denselben Zucker wie aus dem fast tropisches Klima verlangenden Zuckerrohr gewinnen kann, ein neues, lange Zeit sehr gewinnbringendes Anbauobjekt zugefallen. Marggraf war sich der Tragweite seiner Entdeckung wohl bewußt. Achard, ein Verwandter von ihm, versuchte alsbald die Zuckergewinnung im großen auf seinem Gute Kaulsdorf bei Berlin, jedoch ohne Erfolg, indem der billige Kolonialzucker eine lohnende europäische Fabrikation noch ausschloß. Durch die politischen Verhältnisse änderte sich jedoch hernach die Sachlage. Infolge der Kontinentalsperre Napoleon des Ersten ging vom Jahre 1806 ab der Preis aller sonst von den Engländern nach Europa gebrachten

Erzeugnisse der Kolonien, die dadurch in den Bann getan wurden, außerordentlich in die Höhe, und der Wert eines Pfundes Zucker stieg auf zwei Taler. Unter solchen Umständen mußte die Gewinnung des Rübenzuckers wieder lohnend werden und wurde eifrig aufgenommen. Mit dem Aufhören der Kontinentalsperre um das Jahr 1812 kamen allerdings die meisten damaligen europäischen Rübenzuckerfabriken wieder zum Erliegen, aber man hatte doch so viel Erfahrung in der Fabrikation gesammelt, daß es schließlich gelang gegenüber dem Kolonialzucker festen Fuß zu behalten, zumal dieser natürlich, als sehr passendes Finanzobjekt, einen hohen Eingangszoll bei seiner Einführung in die europäischen Staaten zu zahlen hatte. Die Fabrikation des Zuckers aus Rüben ist im Laufe der Jahre auf eine staunenerregende Höhe gelangt, indem sich Wissenschaft und Technik auf diesem Gebiete so vollständig wie möglich ergänzten. Folgende Zahlen zeigen das aufs deutlichste. Zur Gewinnung von 100 Kilogramm Zucker brauchte man:

im Jahre 1836: 1800 Kilogramm Rüben
„ „ 1842: 1600 „ „
„ „ 1857: 1200 „ „
„ „ 1871: 1100 „ „
„ „ 1900: 750 „ „

Marggraf hat den Gehalt der Rüben an Zucker seinerzeit etwas über 6 Prozent gefunden. Durch passende Auswahl der Rüben für Samenzucht und der Düngemittel hat man ihn im großen Durchschnitt auf 14 bis 16 Prozent und in einzelnen Fällen bis über 20 Prozent heraufgebracht; so auch auf Sizilien, wo seit 1899 Rübenzucker fabriziert wird. Ja selbst in Spanien hat man im gleichen Jahre begonnen, mit Erfolg Zuckerrüben neben dem Zuckerrohr anzubauen. So sehen wir denn die Rübenzuckerfabrikation die des Rohrzuckers bis zum Jahre 1900 stark überflügeln, wofür folgende Zusammenstellung ein Bild gibt:

	Produktion in Tonnen zu 1000 Kilogramm			Rübenzuckerproduktion
Jahr	Rohrzucker	Rübenzucker	Total	in Prozenten
1840	1100000	50000	1150000	4,35
1860	1510000	389000	1899000	20,43
1880	1852000	1402000	3254000	43,08
1890	2069000	3633000	5702000	63,70
1900	2862000	5575000	8437000	65,08

Seit 1900 scheint aber die Fabrikation aus Zuckerrohr wieder verhältnismäßig stärker anzuwachsen als die aus Rüben.

Die Rüben werden zur Extraktion des Zuckers zu Schnitzeln zerschnitten, und diesen wird in der Diffusionsbatterie (siehe Seite 10) im Laufe weniger Stunden ihr Zuckergehalt völlig entzogen. Der so gewonnene zuckerhaltige Saft muß nun eingedampft werden. Dieses bietet große Schwierigkeiten, weil Zucker, wenn man ihn lange kocht, sich verändert und die Eigenschaft, später fest zu werden, also Krystallzucker zu geben, verliert. Auch diese Schwierigkeit hat man längst überwinden gelernt, und namentlich das Einkochen wird in merkwürdiger Weise ausgeführt.

Da siedende Zuckerlösungen sich also verändern, aber der Saft doch eingedickt werden muß, damit der Zucker nachher beim Erkalten auskrystallisiert, dampft man sie nämlich statt in offenen Gefäßen im sehr stark luftverdünnten Raume ab, wodurch der Siedepunkt der Flüssigkeit aus folgendem Grunde sehr herabgesetzt wird.

In unserer ersten Vorlesung führten wir uns den Luftdruck vor Augen (siehe Seite 5). Soll z. B. Wasser sieden, so muß der Wasserdampf doch diesen überwinden, ehe er überhaupt aufsteigen kann. Entfernt man nun durch eine Luftpumpe aus einem geschlossenen Gefäß, sagen wir einem eisernen Kessel — so verhält es sich in der Zuckerindustrie — die Luft, so wird jetzt in diesem Raum der Wasserdampf viel leichter aufsteigen können, da er ja nun den Luftdruck nicht mehr zu überwinden hat, das Wasser wird nicht bei seinem gewöhnlichen Siedepunkt von 100° Celsius, sondern bei weit niedrigerer Temperatur schon verdampfen. Vielleicht wird dieser Vorgang durch folgende Tatsache noch leichter verständlich. Auf dem Montblanc siedet Wasser bereits bei 85°. Denn hier lastet auf ihm eine um so viel weniger hohe Luftsäule, also ein um so viel geringerer Luftdruck, als die Spitze des Berges über die Ebene hinausragt, in der das Wasser bei 100° siedet.

Das Abdampfen bei der durch die Luftverdünnung im Apparate stark herabgesetzten Siedetemperatur der Flüssigkeit verträgt

nun der Zuckersaft ohne jede Gefahr. Ist er genügend eingedickt, so scheidet er nach dem Erkalten Zucker in schwach gelbgefärbten Krystallen aus. Dieser führt den Namen Rohzucker, wird durch Raffinieren gereinigt und in Zuckerhutform in den Handel gebracht. Zu seiner vollständigen Entfärbung dient die uns schon bekannte Tierkohle (siehe Seite 47). Beim Auskrystallisieren des Zuckers hinterbleibt natürlich eine Mutterlauge (siehe Seite 55), sie führt in der Rübenzuckerfabrikation den Namen Melasse. Diese ist im Gegensatz zum Sirup aus Zuckerrohr (siehe Seite 79) für Menschen ungenießbar, weil sie häßlich schmeckt. Eine lange Zeit ungelöste Frage war die Gewinnung des darin noch steckenden Zuckers. Auch diese Aufgabe ist mit Hilfe der Chemie seit dem Jahre 1882 gelöst, so daß auch diesem Fabrikationsrückstande jetzt sein gesamter Zucker entzogen werden kann. Große Mengen Melasse werden seit dem Jahre 1896 auch mit ausgezeichnetem Erfolge ohne weiteres als Viehfutter verwendet.

Wir haben einige Male die Steuerverhältnisse des Zuckers erwähnt. Diese haben sich im Laufe der Jahre sehr geändert. Solange es nur Kolonialzucker gab, war dieser ein ebenso bequemes Steuerobjekt, wie es noch heute der Kaffee, der Tee usw. sind, waren die Einnahmen aus ihm der reine Finanzzoll. Als später im Inlande Zucker erzeugt wurde, blieb, wenn der Staat nicht auf seine Einnahmen verzichten wollte, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts nichts anderes übrig, als diesen inländischen Zucker ebenfalls zu besteuern. Da schien es nun am bequemsten, die Rüben zu besteuern, indem man die Menge derselben abwog, die in die Fabrik kamen. Hierbei ging man von der Annahme aus, daß ein bestimmtes Quantum Rüben auch eine bestimmte Menge Zucker liefern werde. Dadurch waren die Fabriken in der Art und Weise, wie sie ihr Rohmaterial verarbeiten wollten, absolut ungehindert und konnten unbeschränkt an der Verbesserung ihrer Fabrikationsmethode arbeiten. Als aber die Fabrikation so groß geworden war, daß sie nicht nur den Inlandskonsum vollständig deckte, sondern daß Rübenzucker aus dem Lande exportiert, also nach dem Auslande verkauft wurde, mußte

dafür natürlich die Steuer, die für die Rüben bezahlt worden war, rückvergütet werden, damit er überhaupt mit dem Rohrzucker, auf dem in seiner Heimat doch keine Steuer lastet, im Auslande konkurrieren konnte. Und damit begann die Ära der „Exportbonifikationen". Hatte der Fabrikant seinerzeit so viel Rübensteuer bezahlt, als ob zehn Zentner Rüben einen Zentner Zucker lieferten, und gelang es ihm, durch Verbesserung seiner Fabrikation dieses Quantum, sagen wir schon aus neun Zentnern Rüben herzustellen, so erhielt er, wenn sein Zucker ins Ausland ging, die Steuer für zehn Zentner Rüben zurück, während er sie in Form des exportierten Zuckers nur für neun Zentner Rüben bezahlt hatte, bekam also vom Staat die Steuer für einen Zentner Rüben geschenkt. Auf diesem Wege ging die ursprüngliche Steuerrückvergütung in die „Exportprämie" über. Diese betrug für das Deutsche Reich im Jahre 1903 etwa 4 Mk. 50 Pf. für je 100 kg in das Ausland verkauften Rohzucker. Und diese Verhältnisse waren, zumal der Anbau von Rüben bei den etwa seit dem Jahre 1875 andauernd sinkenden Getreidepreisen lohnender als der Körnerbau war, die mächtigste Triebfeder unablässig auf Vervollkommnung der Fabrikation zu sinnen, da sich jede Verbesserung der Ausbeute an Zucker sofort in Form der sich dadurch in sich selbst erhöhenden Exportbonifikation für den Fabrikanten zu barem Gelde umsetzte.

Dieser Zustand hat sich aber mit dem September des Jahres 1903 vollständig geändert. Infolge des gewaltigen Anwachsens der Rübenzuckerfabrikation auf dem europäischen Festlande, die ihren Zucker durch die gewährten Exportprämien nach dem Auslande, z. B. England, außerordentlich billig verkaufen konnte, gerieten die meist wenig intelligent betriebenen außereuropäischen Rohrzuckerfabriken namentlich der englischen Kolonien in immer schlechtere Verhältnisse, und die Lage der „Pflanzer", die sich mit dem Anbau von Zuckerrohr beschäftigten, wurde andauernd trauriger. Um nun seinen Kolonien aufzuhelfen, erklärte England, welches den größten Bedarf an Zucker unter allen ihn verbrauchenden, aber nicht selbst erzeugenden Ländern hat, auf einer internationalen, im Jahre 1901 nach Brüssel berufenen

Konferenz, daß es, falls die Rübenzucker exportierenden Staaten ihre Exportprämien beibehielten, den aus ihnen fernerhin nach England gelangenden Zucker mit einem der Höhe der Prämie entsprechenden Zuschlagszoll belegen würde. Damit mußte denn der den Preis des Zuckers in England und weiter auf dem Weltmarkte, für den der englische Preis maßgebend ist, herabdrückende Einfluß der Exportprämien und somit ihr Wert für die festländischen Zuckerfabriken fortfallen. Infolge dieser Drohung mußten sich die beteiligten Staaten zur Aufhebung ihrer Exportprämien vom Jahre 1903 ab entschließen. Weiter mußten sie sich verpflichten, auf ausländischen, also auch Kolonialzucker, keinen höheren Eingangszoll als 6 Franks (4 Mk. 80 Pfg.) zu legen, damit sich nicht die Zuckerfabriken eines Landes, z. B. Deutschlands, zusammenschließen und im Inlande so hohe Preise diktieren können, daß sie dadurch in den Stand gesetzt werden, unter Darangabe eines Teiles ihres Inlandverdienstes Zucker wieder billiger, als sie ihn herzustellen vermögen, nach dem Auslande zu verkaufen. Der Zollbetrag von 6 Franks genügt, um die Einfuhr von Kolonialzucker nach europäischen, Rübenzucker erzeugenden Ländern, also z. B. Deutschland, unlohnend zu machen. Im September 1903 stellten sich die Selbstkosten für die Herstellung von 100 Kilo Zucker in den deutschen Fabriken auf etwa 7 Mark. Außerdem zahlt seitdem in Deutschland aller im Inlande erzeugte und zum Verkauf gebrachte Zucker 14 Mark Konsumsteuer (welche Steuer demnächst auf 10 Mark herabgesetzt werden wird) für je 100 Kilo an den Fiskus, der sich um den exportierten Zucker in zollpolitischer Hinsicht nicht mehr kümmert. Die Brüsseler Konvention war fürs erste auf 5 Jahre abgeschlossen, ist aber in diesem Jahre bis 1913 verlängert worden.

Im Anschluß an den Zucker wollen wir gleich noch den neuesten Süßstoff, das Saccharin, erwähnen. Sein Name entstammt der lateinischen Bezeichnung für Zucker, saccharum.

Von der Unsumme chemischer Verbindungen, die man kennt, zeigen natürlich viele einen ausgesprochenen Geschmack; so haben die Säuren ihren Namen daher, daß die zuerst bekannt gewordenen

Glieder der Gruppe sauer schmecken. Den Basen, wie Kali oder Natron, kommt ein ätzender laugenhafter Geschmack zu. Die Salze, also die Verbindungen von Säuren mit Basen (siehe Seite 54), schmecken bald rein salzig, bald bitter salzig usw., bald haben sie gar keinen Geschmack. Und die Unzahl von chemischen Verbindungen, die nicht unter diese drei Klassen fallen, variieren natürlich auch hinsichtlich ihres Geschmackes unendlich. Abgesehen vom wirklichen Zucker kannte man schon seit langem einige Verbindungen, die ein wenig süßlich schmecken, wie das Glykokoll u. a. Zufällig zeigt nun besonders einer unter allen bisher bekannt gewordenen Körpern die Eigenschaft, ganz außerordentlich süß, vielleicht 300 mal so süß zu sein als Zucker, dieser Körper ist das Saccharin. Es ist chemisch sehr kompliziert zusammengesetzt und als Benzoësäuresulfinid zu bezeichnen.

Das Saccharin hat durchaus keinen Nährwert, ganz abgesehen davon, daß es ja überhaupt nur in Spuren genossen wird. Dagegen kann es, ohne daß je schädliche Folgen bekannt geworden sind, ganz nach Art des Zuckers zum Versüßen der verschiedenartigsten Dinge dienen. Wir müssen in ihm also eine Art von Gewürz sehen, indem es wie dieses, ohne den Nährwert zu erhöhen, in ganz geringen Mengen schon sehr beträchtliche Geschmackswirkungen hervorzurufen vermag. Den größten Vorteil davon haben die Zuckerkranken, die sich mit seiner Hilfe jetzt den süßen Geschmack von Speisen vortäuschen können, auf den sie bis zu seiner Erfindung ganz verzichten mußten.

Der Vorteil des Versüßens der Speisen auf diesem Wege ist übrigens gar nicht so gering anzuschlagen, indem es den Zuckerkranken das Verzehren derselben erleichtert.

Denn bei der Nahrungsaufnahme spielen ohne Zweifel außer dem physischen Bedürfnis auch seelische Vorgänge eine Rolle. Wir können auf die Dauer nur Nahrungsmittel zu uns nehmen, die durch Zusätze irgendwelcher Art für uns schmackhaft gemacht sind. Es scheint, als ob diese, wie das Salz, der Pfeffer, der Senf zur Anregung der Verdauungstätigkeit notwendig sind. Ja, das geht so weit, daß wir die warmen Aufgüsse von Kaffee oder Tee, die keinen Nährwert haben, ganz regelmäßig genießen,

weil wir aus Erfahrung wissen, daß sie das Verzehren fester Nährstoffe erleichtern.

Auf der Mittelstufe zwischen Nahrungs- und Genußmitteln stehen die geistigen Getränke, bei deren ausführlicher Besprechung wir allerdings sehen werden, daß sie weit mehr zu letzteren gehören.

Nun lehrt ja die Erfahrung weiter, daß der Mensch sich verhältnismäßig leicht an Genußmittel gewöhnt, so daß bei fortgesetztem Gebrauch derselben Substanzen entweder Überdruß eintritt oder die gleiche Wirkung immer nur durch vergrößerte Mengen erreicht werden kann, was zu einem Übermaß mit seinen verderblichen Folgen führt. Daraus ergibt sich, daß eine auf die Dauer zuträgliche Ernährung eine passende Abwechslung der Speisen an sich verlangt und daß es ebenso nötig ist, auch für eine richtige Auswahl der ihnen behufs besseren Wohlgeschmacks zuzusetzenden Genußmittel zu sorgen. Das gelingt ja den meisten Hausfrauen glücklicherweise auf Grund der täglichen Übung rein aus Erfahrung.

Eine Verfeinerung der Speisen ist ein durchaus nicht unerlaubtes Streben und gewiß ebenso gestattet wie tausend andere berechtigte Bestrebungen nach Genüssen, die das Leben angenehm zu gestalten imstande sind. Damit soll selbstverständlich nicht etwa eine Lanze für Diners mit unendlich langer Speisenfolge eingelegt werden, sondern nur gesagt sein, daß es eine der Hausfrau wohl würdige Aufgabe ist, dafür zu sorgen, daß das, was auf den Tisch kommt, so zubereitet ist, daß es mit Vergnügen verzehrt wird und im Anschluß daran wohl bekömmlich ist. Man mag im Essen so niedrige tierische Funktionen sehen wie man will, zu leugnen ist trotzdem nicht, daß Essen und Trinken Leib und Seele zusammenhalten.

Nicht zu verkennen ist, daß die Bereitung von Nahrungsmitteln im Großbetriebe manches Gute zutage fördert. In den Städten bezieht jetzt wohl jeder sein Brot vom Bäcker und hat es dadurch täglich frisch und von bestem Wohlgeschmack zur Verfügung. Auf dem Lande dagegen, wo für den einzelnen Haushalt gebacken werden muß, gibt es fast immer verhältnismäßig

altes Brot, weil die tägliche Herstellung der täglich gebrauchten Menge nicht angängig ist. Und wer wollte in der auf diesem Wege erreichten Verbesserung des Brotgenusses eine Verschwendung oder Verweichlichung sehen.

Auch die Gemüse in Form von Konserven[1]), die deren Genuß jetzt im Winter kaum teurer als im Sommer ermöglichen, gehören hierher, und ebenso die jetzt so zahlreich gewordenen Fleisch- und Fischkonserven. Sie gestatten z. B. ohne große Kosten eine ganz bedeutende Abwechslung in die Abendbrote zu bringen, eine Bezeichnung für diese Mahlzeit, die gewiß noch aus jener Zeit herrührt, wo man abends hauptsächlich auf Brot angewiesen war.

Die bekannte Tatsache von den „toujours perdrix“ ist ja ein wirklich durchgeführter Beweis dafür, daß dasjenige, was an und für sich als ein besonders gutes Essen gilt und gelegentlich außerordentlich wohlschmeckend ist, auf die Dauer allein und ohne Abwechslung genossen, geradezu ungenießbar wird.

Das geht nicht allein den Menschen, sondern sogar fleischfressenden Tieren so. Wenigstens sterben selbst Ratten sehr bald, wenn man ihnen nichts anderes als ausgekochtes Fleisch gibt, da sie es nicht mehr anrühren und lieber verhungern als weiter davon fressen.

Mit Vögeln scheint es sich anders zu verhalten, da man diese im Käfig ohne Schaden jahrelang mit derselben Körnerart füttern kann. Allerdings wissen wir aus den mitgeteilten Analysen von Getreidekörnern (siehe Seite 73), daß Körner in sich schon eine gemischte Nahrung repräsentieren, und mag diese Mischung sie auf die Dauer genießbar erhalten.

---

1) Anmerkung: Die Herstellung der Konserven entspricht ganz der Haltbarmachung der Milch mittels des SOXHLETschen Apparats, die wir Seite 63 kennen lernten. Die auf diesem Wege zu konservierenden Nahrungsmittel werden in die meist aus verzinntem Eisenblech (Weißblech genannt) hergestellten Dosen zusammen mit Wasser eingefüllt, und die Dosen sodann verlötet. Durch längeres Liegenlassen der nunmehr luftdicht verschlossenen Dosen in siedendem Wasser tötet man alle in ihnen vorhandenen Bakterien, also auch die Fäulnisbakterien, womit das Verderben ihres Inhaltes unmöglich wird.



Außer Eiweiß, Fett und Kohlenhydraten braucht unser Körper also noch Wasser und anorganische Salze für seine Existenz. Von anorganischen Salzen genießen wir direkt nur das Kochsalz, das wir absichtlich den meisten Speisen zusetzen und dessen Genuß an und für sich auf den tierischen Körper günstig einzuwirken scheint. Sehen wir doch, daß die pflanzenfressenden Tiere, wenn sich ihnen Gelegenheit dazu bietet, gern und regelmäßig an Salzsteinen lecken. Was wir sonst von solchen Salzen brauchen, wie den phosphorsauren Kalk für die Knochen usw., ist in den Nahrungsmitteln, wie aus den bereits angeführten Analysen, denen sich noch eine Anzahl anschließen wird, hervorgeht, gleich mit und in genügender Menge enthalten. Das Gesamtquantum dieser anorganischen Salze ist dort immer als Asche aufgeführt.

Nur einer von diesen Bestandteilen bietet auch für weitere Kreise großes Interesse, das ist das Eisen. Die Menge des täglichen Eisenbedarfs beim Menschen ist recht gering, man kann sie auf etwa 0,15 Milligramm pro Kilo Körpergewicht schätzen. Bei einem Gewichte von 50 Kilogramm macht das also im Jahre noch lange nicht 3 Gramm aus, und trotzdem veranlaßt die ungenügende Aufnahme von Eisen Bleichsucht und sonstige Störungen, wie allgemein bekannt ist. Während nämlich der Gesunde seinen Bedarf an Eisen mit Leichtigkeit aus den Nahrungsmitteln deckt, ist bei manchen Krankheiten, z. B. also der Bleichsucht der jungen Mädchen, diese Fähigkeit des Organismus, den Eisenbedarf allein aus den Nahrungsmitteln zu decken, so herabgesetzt, daß es der künstlichen Zufuhr von Eisenmitteln bedarf, um den Körper zu der genügenden Aufnahme zu veranlassen. Nur ist es oft sehr schwer, das richtige eisenhaltige Medikament zur Anwendung zu bringen, weil der Körper der einzelnen Individuen sich ihnen gegenüber sehr verschieden verhält. Daher kommt es, daß fortwährend neue Eisenpräparate auftauchen. Doch läßt sich heute so viel sagen, daß die einst viel umstrittene Ansicht, ob die dem Körper in Form von Arzneimitteln zugeführten Eisenverbindungen überhaupt die Blutbildung zu erhöhen vermögen, jetzt für ein so unumstößliches Faktum gilt, daß wohl jeder Arzt den Wert von Eisenpräparaten bei manchen Erkrankungen anerkennt.

Wir wollen hier zum Schluß den Eisengehalt und den Kalkgehalt einiger Nahrungsmittel in Milligrammen angeben, zumal es sich um Zahlen, denen viele ein ganz besonderes Interesse entgegenbringen, handelt. Der Eisengehalt der Nahrungsmittel kommt während des ganzen Lebens, der Kalkgehalt hauptsächlich während des Wachstums der Kinder in Betracht.

Je 100 Gramm enthalten	Milligramm Eisen	Milligramm Kalk
Zucker	0	0
Hühnereiweiß	0	18,8
Kirschen	0,24	27,2
Frauenmilch	0,28—0,37	29,2
Kuhmilch	0,3	196,3
Äpfel	0,3	10,6
Reis	0,88—2,20	90,6
Weißbrot	0,96	29,5
Spargel	1,2	? ?
Kartoffeln	1,6	25,0
Roggen	3,2—4,2	52,7—60,4
Spinat	4,0—4,7	27,6
Rindfleisch	4,7	8,1
Weizen	4,84	56,6
Eidotter[1])	5,0—11,9	189,0

Nachdem wir nunmehr die einzelnen Klassen der für unsere Ernährung notwendigen Stoffe besprochen haben, kommen wir zum Werte des Kochens.

In der Beziehung verhalten sich tierische und vegetabilische Nährstoffe recht verschieden. Bei den tierischen, namentlich bei reinem Fleisch, ist in bezug auf den Nährwert die Zubereitung ziemlich gleichgültig. Gilt doch rohes geschabtes Beefsteakfleisch, wenn es durch Pfeffer und Salz genießbar gemacht ist, für besonders nahrhaft, und ist diese Annahme nicht ungerechtfertigt. Rohes Fleisch von Fischen oder Vögeln vermögen wir allerdings nicht zu genießen, jedoch auch dieses wird durch Kochen oder Braten in seinem Nährwert nicht weiter verändert. Aber gerade beim Braten, bei dem das Fleisch mit geschmolzenem Fett und

1) Anmerkung: Der Eisengehalt des Eigelbs wechselt mit den Jahreszeiten und ist zur Brutzeit am höchsten.

etwas Wasser erhitzt wird, bilden sich angenehm riechende und den Geschmack anreizende Substanzen, welche als anregende Genußmittel das Verzehren erleichtern.

Die fünf folgenden Analysen werden diese Mitteilungen durch ihre Zahlen unterstützen:

	Wasser	Proteïnstoffe	Fett	Extraktivstoffe	Asche
Frisches Rindfleisch enthielt . .	70,88	22,51	4,52	0,86	1,23
Nach dem Kochen enthielt es . .	56,82	34,13	7,50	0,40	1,15
Als Beefsteak enthielt es	55,39	34,23	8,21	0,72	1,45
Kalbskotelett enthielt vor dem Braten	71,55	20,24	6,38	0,68	1,15
Nach dem Braten enthielt es . .	57,59	29,00	11,95	0,43	1,43

Was uns in den Analysen besonders auffällt, ist, daß Rindfleisch nach dem Kochen wasserärmer ist, als in rohem Zustande. Dies beruht auf der Zusammenziehung seiner Fasern in der Hitze. Weit auffälliger ist aber noch, daß die Zusammensetzung des gekochten Rindfleisches (kurzweg Suppenfleisch genannt) so wenig von der des Beefsteaks abweicht, ja daß der Gehalt an Eiweißstoffen in beiden der gleiche ist. Eine größere Differenz sehen wir nur bei den Extraktivstoffen, deren Menge allerdings im Beefsteak fast doppelt so groß als im Suppenfleisch ist.

Unter Extraktivstoffen sind in der Analyse diejenigen Stoffe verstanden, welche beim Kochen ins Wasser übergehen und nicht zu den Proteïnstoffen oder Fetten gehören. Sie gerade sind es nun, welche auf den Geschmack erfahrungsgemäß in anregendem Sinne wirken. Fehlt ein Teil davon, wie es infolge des Auskochens beim Suppenfleisch der Fall ist, so schmeckt solches Fleisch fade und man ißt es nicht gerne. Gelingt es aber mit Hilfe nachträglich zugesetzter Genußmittel den Geschmack des Suppenfleisches wieder zu verbessern und ist es überhaupt nicht so weit ausgekocht, daß ihm durch keinen Zusatz mehr zu helfen ist, so steht es hinsichtlich seines Nährwertes anderem Fleisch kaum nach.

Damit kommen wir unwillkürlich zu dem Thema, wie man das Fleisch zur Gewinnung von Suppe auskochen soll. In vielen Gegenden der Erde kennt man diese überhaupt nicht, bei uns ist es ja aber allgemein Gebrauch, sie zuzubereiten. Die Frage,

um deren Erledigung es sich hierbei handelt, ist: soll man das Fleisch mit heißem oder kaltem Wasser aufsetzen, und das wollen wir sogleich durch einen Versuch entscheiden.

Wir übergießen zu dem Zwecke etwas gehacktes Fleisch — wir verwenden solches, um eine recht große Oberfläche zu haben — mit kaltem Wasser und rühren es gut durch. Filtrieren wir die Masse, um sie klar zu erhalten, so bekommen wir eine durch ein wenig Blutfarbstoff schön hellrosa gefärbte Flüssigkeit. Diese wollen wir jetzt in einem Glase aufkochen. Wir sehen ihre Farbe sehr bald in Grau übergehen, indem der Blutfarbstoff in der Hitze unbeständig ist und sich ändert. Eine große Menge von Flocken scheidet sich ab, die, wie die Untersuchung gelehrt hat, Eiweiß sind. Das kalte Wasser hat also aus dem Fleisch auch etwas lösliches Eiweiß ausgezogen, welches beim Kochen gerinnen muß, und da doch Suppen geschäumt werden, wie man das nennt, entfernt man mit dem Schäumen diese festgewordenen Eiweißstoffe, verzichtet also des besseren Aussehens halber im Leben auf diesen Nährstoff.

Jetzt wollen wir eine zweite Portion des gehackten Fleisches mit siedendem Wasser übergießen und kurze Zeit kochen. Sofort färbt sich das Fleisch grau, nimmt die Farbe des Suppenfleisches an, indem also der Blutfarbstoff die Hitze nicht verträgt. Wir sehen in der siedenden Flüssigkeit nur sehr wenig Eiweißflocken schwimmen, und gießen wir auch diese jetzt durch ein Filter, so bekommen wir eine klare Flüssigkeit, die sich auch durch weiteres Kochen natürlich nicht mehr trübt.

Hier war der Verlauf also der, daß das auf das Fleisch gegossene siedende Wasser fast augenblicklich die Eiweißpartien an seiner Oberfläche zum Gerinnen brachte, wodurch die feinen Poren verstopft werden, so daß jetzt die Extraktivstoffe aus dem Fleische kaum herauskönnen. Und so folgt aus unseren Versuchen, wie es die Praxis der Küche bestätigt: Will man eine gut schmeckende Suppe haben, so setzt man das Fleisch mit kaltem Wasser auf, weil dieses die Extraktivstoffe reichlich herauszieht; das Suppenfleisch schmeckt dann aber wenig erfreulich. Liegt aber mehr an einem guten Geschmack des Fleisches, so

benutzt man heißes Wasser, wobei die Suppe aus den angegebenen Gründen weniger gut schmeckend ausfällt.

Denn bei der Suppe handelt es sich eigentlich immer nur um den Geschmack, einen erwähnenswerten Nährwert hat sie nicht, wovon uns am besten wieder Zahlen überzeugen. Die analysierte Suppe war in gebräuchlicher Art, und zwar aus 500 Gramm Rindfleisch und 190 Gramm Kalbsknochen, hergestellt. Sie enthielt:

Wasser . . .	95,18	Prozent
Proteïnstoffe .	1,19	„
Fett	1,48	„
Extraktivstoffe	1,83	„
Asche . . .	0,32	„

Wir sehen, ihr Hauptbestandteil ist Wasser. Die Proteïnstoffe darin sind zumeist Leim, da ja die Eiweißstoffe in der Hitze koagulieren und durch Abschäumen entfernt werden. Die Menge des Fettes ist natürlich auch nicht bedeutend. Wenn wir Suppen trotzdem gern genießen und ihnen erfahrungsgemäß eine das Nervensystem anregende Wirkung zukommt, so ist das nur den Extraktivstoffen und auch ihrem Gehalt an Kalisalzen, von denen man eine ähnliche Wirkung annimmt, zuzuschreiben. Die Asche z. B. obiger Suppe bestand nämlich zur Hälfte aus Kali und zu einem Viertel aus Phosphorsäure. Der usuelle Zusatz von Kräutern zur Suppe dient natürlich nur zur Verbesserung ihres Geschmacks.

Von ganz anderer Wichtigkeit wie für Fleischspeisen ist aber das Kochen, Backen usw. für die dem Pflanzenreich entstammenden Nahrungsmittel. Abgesehen vom Obst sind die meisten zum rohen Verzehren viel zu hart. Ihr organisiertes Gewebe, dem sie ihren Zusammenhalt verdanken, muß erst durch das Kochen gelockert werden, bevor wir sie genießen können.

Bei den Getreidearten, die ja unsere wichtigsten pflanzlichen Nährstoffe sind, muß zuvörderst durch Mahlvorrichtungen die feste Hülle entfernt werden, um das unter ihr liegende Mehl zu gewinnen. Diese feste Hülle bildet hernach den Hauptbestandteil der Kleie (siehe Seite 74). Aber selbst das Mehl ist für den

Menschen als Nahrungsmittel kaum tauglich, indem die von den Zellwandungen umgebenen rohen Stärkekörner von seinen Verdauungssäften nur schwer angegriffen werden. Völlig verändert wird die Sachlage aber durch das Erhitzen des Mehles mit Wasser. In der Wärme, also beim Kochen mehlhaltiger Speisen, platzen infolge der Ausdehnung der Körner die Zellwandungen der Stärkekörner und die freigelegte Stärke geht jetzt in ihren kleisterartigen Zustand (siehe Seite 73) über, in welchem sie leichtverdaulich ist.

Dem gleichen Zwecke dient auch das Backen des Brotes, mit dem zugleich jene außerordentliche Lockerung verbunden wird, welchem es seinen hohen Grad von Verdaulichkeit verdankt.

Rührt man Mehl mit Wasser an, so erhält man einen infolge seines Gehaltes an Kleber sehr zähen Teig. Kleber ist jener Eiweißstoff des Mehles benannt worden, welcher, wie schon der Name ausdrückt, seine Zähigkeit beim Anfeuchten bedingt.

Bäckt man einen solchen Teig ohne weiteres, so bekommt man eine harte Masse, von der Beschaffenheit etwa der Schiffszwiebacke. Läßt man ihn aber einige Zeit stehen, so ändert er sich allmählich. Aus der Luft fallen erstens Hefezellen, das sind Lebewesen von mikrospischer Kleinheit, hinein, die den Zucker des Mehles vergären, worauf wir sogleich zurückkommen, und außerdem auch Milchsäurebacillen (siehe Seite 62), die aus dem Zucker Milchsäure erzeugen.

Die Hefegärung, der auch alle geistigen Getränke — wir kommen sehr bald zu deren ausführlicher Besprechung — ihre Entstehung verdanken, verläuft in der Weise, daß Zucker in kohlensaures Gas und Spiritus zerlegt wird. Für den Spiritus haben die Chemiker noch einen zweiten Namen, nämlich Alkohol.

1 Molekül Zucker bestehend aus:	liefert	2 Moleküle Alkohol bestehend je aus:	und	2 Moleküle Kohlensäure bestehend je aus:
6 Atomen Kohlenstoff		2 Atomen Kohlenstoff		1 Atom Kohlenstoff
12 „ Wasserstoff		6 „ Wasserstoff		2 Atomen Sauerstoff
6 „ Sauerstoff		1 Atom Sauerstoff		

oder abgekürzt geschrieben:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_6O + 2CO_2$$

1 Mol. Zucker = 2 Mol. Alkohol + 2 Mol. Kohlensäure.

Ein Molekül Zucker zerfällt also durch Gärung in zwei Moleküle Alkohol und zwei Moleküle kohlensaures Gas.

Die zähe Beschaffenheit des Brotteiges hindert nun das sich in ihm durch Gärung seines Zuckergehaltes entwickelnde kohlensaure Gas am Entweichen, und das Gas erfüllt daher den ganzen Teig mit Blasen. Kommt er schließlich in den Backofen, so verdampft in der Wärme auch der Alkohol, der durch die Gärung darin entstand, und dieses trägt ebenfalls zur Lockerung des Brotes bei. Die Hitze sprengt außerdem die Zellen der feuchten Stärkekörnchen, die zugleich zu verkleistern beginnen.

An dem äußeren Umfange des Brotes wird aber, bis er die Beschaffenheit, welche wir als gar bezeichnen, angenommen hat, die Temperatur so hoch, daß die Stärke schon anfängt in Dextrin überzugehen. Nun haben wir ja schon besprochen (siehe Seite 78), daß Dextrin eine klebende Beschaffenheit hat, und so kleben an der Oberfläche des Brotes die Stärkekörnchen und sonstigen Bestandteile zu jener harten Kruste zusammen, als welche wir sie zu sehen gewöhnt sind.

Infolge des Stehens an der Luft wird also Brotteig durch Milchsäure sauer. Da dieses die daran am leichtesten wahrnehmbare Veränderung ist, heißt er in diesem Zustande Sauerteig.

Es dauert natürlich ziemlich lange, bis genügend Hefezellen und Bacillen aus der Luft hineinfallen. Hat man aber erst einmal solchen Teig und setzt man ihn einer anderen frisch bereiteten Portion zu, so erfolgt das durch Gärung zu bewirkende Aufgehen verhältnismäßig rasch, da die Hefezellen und Bacillen sich bekanntlich enorm schnell vermehren. Deshalb bewahrt man von solchem Teig immer wieder etwas auf, um ihn dem nächsten zuzusetzen.

Der Geschmack des Sauerteigs überträgt sich weiter auf das Brot und bäckt man heutzutage mit ihm fast nur noch das Schwarzbrot, das ihm seinen säuerlichen Geschmack verdankt, während man für die Gärung oder, wie das Publikum sagt, für das Aufgehen des Weizenbrotes lieber reine Hefe als solche verwendet, also die Säuerung des Teiges durch Milchsäure ver-

meidet. Die Hefe hierzu lieferten ehemals die Bierbrauereien als Nebenprodukt, doch heute wird sie als Preßhefe in eigenen Fabriken hergestellt. Das Nähere über diese Fabrikation können wir erst bei der Besprechung der gegorenen Getränke mitteilen, weil es noch einer Reihe von Vorkenntnissen dazu bedarf.

Man kennt und benutzt als Ersatz der Hefe, um Teig aufgehen zu lassen, einige Mittel, deren Wirksamkeit auf ganz anderen Prinzipien beruht und mit der Gärung des Teiges gar nichts zu tun hat.

Das Hirschhornsalz, welches das am meisten verwendete ist und namentlich in der häuslichen Kuchenbäckerei diesem Zweck dient, ist nach seinen Bestandteilen bezeichnet, kohlensaures Ammoniak. Kohlensäure ist ein saures Gas und Ammoniak ist ein basisches Gas (siehe Seite 55), und wenn die Verbindung zwischen der Säure und der Base auch bei gewöhnlicher Temperatur sich als festes weißes Salz repräsentiert, so zerfällt sie doch in der Hitze des Backofens bereits wieder in ihre Bestandteile, und die beiden Gase treiben während des Backens den Teig gemeinsam im Ofen auf.

Manche Hausfrau bedient sich auch der Pottasche. Pottasche ist kohlensaures Kali (siehe Seite 50). Sie ist ein vollkommen feuerbeständiges Salz; kommt also durch die Wärme des Ofens nicht zur Geltung. Wohl aber entwickelt auch dieses Salz Kohlensäure, wenn der Teig, dem es zugesetzt wird, gesäuert hat. Die Milchsäure ist nämlich stärker als die Kohlensäure, und so bildet sich einerseits milchsaures Kali, andererseits wird die Kohlensäure frei und treibt als Gas den Teig auf. Da also selbst bei sehr reichlichem Zusatz von Pottasche allein die der Milchsäure entsprechende Menge von kohlensaurem Gas in Freiheit gesetzt wird, ist sie nur bei reichlich gesäuertem Teig von genügender Wirkung.

Die Überlegung lehrt, daß das durch Hefe veranlaßte Aufgehen des Teiges durch die Zerstörung des Zuckers, mit welcher jede Gärung verbunden ist, einen Verlust an Nährstoff herbei-

führt, daß dieser Verlust also bei jedem Brotbacken eintritt. Mit Hilfe von sogenannten Backpulvern hat man, wohl durch LIEBIG zuerst veranlaßt, diesen Verlust zu vermeiden gesucht, indem man in dem Teig auf anderem Wege eine für seine Lockerung genügende Menge Kohlensäure entwickelt.

So beruht die Wirksamkeit des viel verwendeten HORSFORD-LIEBIGschen Backpulvers darauf, daß darin ein Gemenge von saurem phosphorsaurem Kalk und doppeltkohlensaurem Natron vorhanden ist. Wird es mit dem Teig verknetet, so wirken infolge der Feuchtigkeit desselben diese beiden Bestandteile so aufeinander, daß sich kohlensaures Gas entwickelt. Mit Beendigung des Knetens ist der Teig dadurch zugleich so weit gelockert, daß er sofort gebacken werden kann.

Nun haben wir noch im Anschluß an das Backen des Brotes den Einfluß des Kochens auf die Kartoffeln zu besprechen. Die rohen Kartoffeln sind infolge ihrer großen Härte für uns ganz ungenießbar. Ihre Festigkeit verdanken sie den die Stärkekörnchen einschließenden Hüllen, die unter sich wieder ein eng zusammenhängendes Ganze, das Skelett der Kartoffel bilden. Dieses macht die Stärkekörner, wie wir das schon beim Mehl aus Getreidearten kennen lernten, fast unangreifbar für die Verdauungssäfte des Menschen. Beim Kochen jedoch dehnen sich die Stärkekörnchen aus, sprengen die Hüllen und gehen ihrerseits unter Wasseraufnahme in jenen halbverkleisterten Zustand über, in welchem die Verdauungssäfte des Darmes sie leicht in Zucker überzuführen vermögen (siehe Seite 73), worauf der Zucker als wasserlösliche Verbindung durch die Diffusion in die Blutbahn übergeht und damit der Ernährung dienlich gemacht wird.

Nach dem bisher Mitgeteilten können wir uns leicht über den Einfluß des Kochens, Backens usw. auch auf alle hier nicht speziell besprochenen Nahrungsmittel klar werden und damit dieses Thema verlassen.

Fünfter Vortrag.

Menge der notwendigen Nahrungsmittel und Nährwert der wichtigsten. Die Gärung. Wein. Obstwein. (Alkoholfreie Obstgetränke). Champagner. Met. Kumys. Bier. Malz. Spiritus. Preßhefe. Kornbranntwein. Kartoffelspiritus. Holzspiritus. Schlempe. Raffination des Spiritus. Absoluter Alkohol. Denaturierter Spiritus. Die Spirituosen.

Wir kommen jetzt zu der wichtigen Frage, wieviel muß der Mensch essen, um bei Kräften zu bleiben. Wir wissen bereits, daß er eine gemischte Kost genießen soll, und zwar soll sie sich aus stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nahrungsmitteln zusammensetzen. Sie muß also aus Eiweißstoffen sowie Kohlenhydraten und Fett bestehen.

Von dieser Anschauung kann uns die mehr oder minder große Enthaltsamkeit der Vegetarier nicht abbringen. Diese müssen ihren ganzen Eiweißbedarf, da sie solchen tierischen Ursprungs durchaus verschmähen, aus Pflanzenkost entnehmen. In dieser ist jedoch, wie wir aus den früher mitgeteilten Analysen (siehe Seite 73) ersehen, zumeist das Verhältnis ein insofern ungünstiges, als der Gehalt an Kohlenhydraten so sehr überwiegt, daß dem Körper bei weitem zu viel von letzteren als ganz unnötiger Ballast zugeführt wird, um ihm die notwendige Menge Eiweißstoffe bieten zu können. Daß man dabei bestehen kann, beweisen sie an sich selbst. Aber das Rückgreifen auf die pflanzenfressenden Tiere, die, wie das Pferd oder der Elefant, bei reiner Pflanzenkost gewiß kräftig sind, ist unstatthaft, weil die Natur diesen zur besseren Ausnutzung der Kohlenhydrate den dazu nötigen viel längeren Darm (siehe Seite 59) gegeben hat. Auch haben viele Pflanzenfresser mehrere Magen und käuen ihre Nahrung wieder.

Während die Vegetarier sich nach ihrer Methode schließlich ohne zu viele Mühe ernähren können, scheint eine reine Eiweißnahrung für den Menschen kaum erträglich. Das sehen wir an den schon öfters erwähnten Diabetikern (Zuckerkranken). Sie sollen eigentlich gar keine Kost pflanzlichen Ursprungs genießen (siehe Seite 77). Es ist ihnen aber nicht möglich, dies längere Zeit durchzuführen. Schon die sehr weit getriebene Entziehung stärkemehlhaltiger Nahrungsmittel, also des Brotes, der Kartoffeln usw. ist für die meisten eine Quelle dauernden Unbehagens, wie hundertfältige Erfahrung lehrt. Doch ist dies bisher das einzige Mittel, die schweren Folgen, die diese Krankheit sonst allmählich herbeiführt, möglichst zu vermeiden.

Zahlreiche Untersuchungen, von denen wir einige speziell anführen, haben nun hinsichtlich der Menge dessen, was zur Ernährung eines Menschen täglich notwendig ist, nach Voit und Pettenkofer folgendes ergeben:

Ein kräftiger Arbeiter braucht bei der Arbeit pro Tag:

137 g Eiweiß, 173 g Fett und 352 g Kohlenhydrate (Stärke oder Zucker).

Bei einem jungen Arzte wurden speziell folgende Zahlen ermittelt:

127 g Eiweiß, 89 g Fett und 362 g Kohlenhydrate.

Und als Mittelwert rechnet man:

118,0 g Eiweiß, 88,4 g Fett und 392,3 g Kohlenhydrate.

Diese Menge Eiweiß entspricht 18,3 Gramm Stickstoff und ist z. B. enthalten je in:

272	Gramm	Käse	2650	Gramm	Rahm
520	„	Erbsen	2905	„	Milch
538	„	magerem Fleisch	4575	„	Kartoffeln
796	„	Weizenmehl	4796	„	Speck
905	„	Eiern [1])	7625	„	Weißkohl
1430	„	Schwarzbrot	17000	„	Bier.
1868	„	Reis			

1) Eine oft gehörte Frage ist die nach dem Verhältnis des Nährwertes zwischen Fleisch und Eiern, und da ergibt sich als Durchschnitt, daß 18 bis 20 Eier und 1 Kilo Fleisch einander gleichgesetzt werden können.

An Kohlenstoff verbraucht der Mensch täglich 328 Gramm, die geliefert werden können von:

450	Gramm	Speck	2231	Gramm	Eiern
824	„	Weizenmehl	2620	„	magerem Fleisch
896	„	Reis	3124	„	Kartoffeln
919	„	Erbsen	4652	„	Milch
1160	„	Käse	9318	„	Weißkohl
1346	„	Schwarzbrot	13160	„	Bier.
1410	„	Rahm			

Wägen wir uns die Menge unseres täglichen Bedarfs an Kohlenstoff, also 328 Gramm, etwa in Form von Holzkohle, in einer Schale ab, so staunen wir geradezu über die Größe des Quantums, welches eher zur Anwärmung eines kleinen Ofens als zur 24 stündigen Heizung des Menschen, wenn der Ausdruck gestattet ist, bestimmt zu sein scheint. Es gehört die Verbrennung von weit mehr Kohlenstoff, als wir uns gewöhnlich vorstellen, dazu, um einen Körper von, sagen wir 70 Kilo dauernd 37° warm und in Gang zu halten.

Wenn wir auch an dieser Stelle wieder vom menschlichen Körper, dem der Körper aller höheren Tiergattungen ähnelt, als von einer Art Maschine sprechen, so wollen wir doch einen Grundunterschied nicht übersehen, nämlich den, daß im tierischen Organismus die Substanz aller Organe sich selbst am Stoffwechsel beteiligt, hingegen das Material unserer Maschinen, sagen wir einer Lokomotive, während ihrer Leistung ganz unverändert bleibt. Wir führten z. B. unsere Verdauungsversuche in Gläsern aus (Seite 58) und wiesen schon dort darauf hin, daß die Natur die dem Magen mit der Nahrung zugeführten Eiweißstoffe in ihm auflöst, obgleich die Wand des Magens ebenfalls aus Eiweißstoffen besteht, wobei die Magenwand ihrerseits, wie alles im Körper fortwährend abgenutzt aber auch fortwährend erneuert wird.

Sehen wir uns jetzt die oben mitgeteilten Zahlen näher an, so bestätigen sie meistens die Erfahrungen des Lebens, während wir uns hinsichtlich einiger anderer enttäuscht finden. So gilt ein Gericht aus Erbsen und Speck für sehr nahrhaft, und unsere

Tabelle zeigt, daß wir wirklich von beiden zusammen nur sehr wenig brauchen, um unseren Tagesbedarf zu decken.

Wollten wir dies aber einmal mit Bier zu erreichen versuchen, so sehen wir aus unserer Tabelle, daß dessen Nährwert verhältnismäßig sehr gering ist, da erst 17 Liter unseren Eiweißbedarf decken würden, während 13 Liter allerdings schon hinsichtlich unseres Kohlenstoffbedarfs genügen. Kurzum, Bier kann wohl kaum als Nahrungsmittel im eigentlichen Sinne betrachtet, sondern muß als nahrhaftes Genußmittel angesehen werden, weil bei einem regelmäßigen täglichen Trinken von z. B. einem Liter desselben etwa der siebzehnte Teil unseres Nahrungsbedürfnisses befriedigt wird.

Mit am vollkommensten von allen angeführten Nahrungsmitteln entspricht nun das Schwarzbrot (Roggenbrot) dem Nahrungsbedürfnis des Menschen, indem, wie wir sehen, rund ein und einhalb Kilo davon seinen gesamten Tagesbedarf decken können. Und das erklärt uns, weshalb die Arbeiterbevölkerung, wenn sie sich auch scheinbar viel schlechter als die wohlhabenden Klassen ernährt, die z. B. regelmäßig Fleisch essen, trotzdem voll bei Kräften bleibt. Es läßt sich auch leicht einsehen, daß ein Arbeiter infolge der andauernd geübten Muskeltätigkeit eine viel größere physische Kraft als die durch die Abwechselung in der Ernährung weit besser Gestellten besitzen kann, weil letztere infolge ihrer meist sitzenden Lebensweise fast auf jede Übung ihrer Muskeltätigkeit verzichten.

Die angeführten Zahlen stellen also die untere Grenze des zum Leben Notwendigen für einen arbeitenden Menschen dar. Bleibt jemand noch darunter, so muß er allmählich zugrunde gehen; soviel müssen also selbst diejenigen genießen, von denen man sagt, daß sie besonders wenig essen.

Im allgemeinen ißt natürlich jeder Mensch viel mehr, zumal es ganz unmöglich ist, die theoretisch gefundenen Zahlen im Verhältnis zueinander immer einzuhalten. Auch tut dabei, wie schon erwähnt, die Gewohnheit sehr viel. Aus dem Überschuß der Speisen entnimmt der Körper das zu seiner Existenz Nötige, während das Überflüssige unverwertet wieder ausgeschieden wird.

Wenn wir sagten, daß man von $1^1/_2$ Kilogramm Roggenbrot täglich existieren kann, so ist das natürlich nur Theorie, und zwar insofern, als niemand auf die Dauer nur Roggenbrot genießen kann. Genießt man es aber mit Butter oder Wurst und ähnlichem, und ersetzt einen Teil in täglicher Abwechselung durch andere Nahrungsmittel, genießt warmen Kaffee usw. als Genußmittel, so gilt das von der Ernährung der Arbeiterbevölkerung Gesagte in vollem Maße.

Für eine selbst ziemlich einfache Ernährung der Bevölkerung Europas zu sorgen, ist heute aber überhaupt keine so leichte Sache mehr, denn die Zunahme der Bevölkerung ist hier jetzt so groß, daß sie zu ihrer Ernährung alljährlich den Ernteertrag von rund 15 000 Quadratkilometern in mittlerem Kulturzustande — es ist das etwa die Größe des Königreichs Sachsen — erfordert.

Wenn der Vortragende jetzt seine Meinung abgeben soll, welches Verhältnis von Eiweißstoffen zu Kohlenhydraten und Fett ihm im wirklichen Leben bei der täglichen Ernährung das passendste zu sein scheint, so ist er der Anschauung, daß wir hierfür die Natur als Lehrmeisterin betrachten sollen. Sie wird das richtigste Verhältnis zwischen diesen dreien, wie es dem Körper am zuträglichsten ist, zu treffen gewußt haben.

Da nun Milch imstande ist, Neugeborene ein Jahr lang und länger ganz allein zu ernähren, wird das Verhältnis, in welchem wir Eiweißstoffe zu Fett plus Kohlenhydraten zu uns nehmen sollen, darin sehr gut ausgedrückt sein. In der Kuhmilch ist es so, daß auf 3,43 Prozent Eiweißstoffe 8,16 Prozent stickstofffreie Nährstoffe kommen, es ist das Verhältnis also kurzweg wie 3,5 zu 8.

Die stickstofffreien Nährstoffe darin bestehen zu 4,84 Prozent aus Kohlenhydraten und 3,32 Prozent aus Fett, so daß das beste Verhältnis dieser beiden zueinander wie 5 zu 3,5 sein wird.

Ziehen wir nun noch einmal die Voit-Pettenkoferschen Zahlen heran, so kommen z. B. auf einen Tagesbedarf von 451 Gramm Kohlenhydrate dort nur 127 Gramm Eiweiß, während auf die 451 Gramm Kohlenhydrate 189 Gramm Eiweiß kommen

müßten, wenn das Verhältnis wie in der Milch wäre; was wohl für Neugeborene geeignet ist, für Erwachsene aber etwas überreichlich sein würde, wie wir gleich auseinandersetzen werden. Immerhin erklärt sich hieraus wohl die instinktive Vorliebe der Menschen für eine reichliche, d. h. über den direkten Bedarf hinausgehende eiweißreiche Kost, also für Fleisch usw., welcher die Wohlhabenden nachkommen können, während die ärmeren Kreise auf deren Befriedigung verzichten müssen.

Die Wichtigkeit reichlicher Eiweißkost, namentlich in Form von Fleisch, für das ganze Nervensystem, geht unter anderem auch aus der aggressiven Natur der Raubtiere gegenüber den weit kräftigeren, aber trotzdem unendlich geduldigen Pflanzenfressern wie dem Elefant, dem Kamel, dem Rind hervor.

Hinzufügen müssen wir nun noch folgendes. Die Anschauung, daß die Milch das passendste Nahrungsgemisch für das ganze Leben sei, ist also nur als bedingt zutreffend, nur als ziemlich brauchbarer Maßstab anzusehen. Bei dem starken Wachstum des Kindes im ersten Jahre ist nämlich für dieses viel Eiweißzufuhr nötig, während der Mangel an Bewegung wenig Kraftzufuhr in Form von Fett und Kohlenhydraten erfordert, zwei Faktoren, die sich im späteren Leben sehr ändern. Daher lehrt denn auch die Erfahrung, daß Erwachsene mit einer an Eiweiß ärmeren, an Kohlenhydraten und Fett reicheren Ernährung, als sie der Milch entspricht, auskommen.

Wir wollen uns nunmehr mit den gegorenen Getränken beschäftigen.

Läßt man Fleisch oder feuchtes Mehl längere Zeit stehen, so faulen diese Nahrungsmittel bekanntlich und werden ungenießbar; anders dagegen steht es mit zuckerhaltigen Flüssigkeiten. Auch sie ändern sich zwar beim Stehen, faulen aber nicht, werden nicht ungenießbar, sondern liefern hierbei die gegorenen Getränke. Um zu den gegorenen Getränken zu kommen, läßt man deshalb absichtlich Flüssigkeiten, die nicht gar zu viel Zucker enthalten, an der Luft stehen. Da beginnen sie denn allmählich aufzubrausen und zeigen mit der Zeit eine ganz veränderte Beschaffenheit.

Äußerlich macht sich diese durch einen Bodensatz bemerkbar, der sich in ihnen bildet. Man hat ihm den Namen Hefe gegeben. Weit wichtiger als diese rein äußerliche Veränderung ist jedoch, daß die so veränderten Flüssigkeiten nunmehr, wenn man sie trinkt, berauschend wirken.

Sehr konzentrierte Zuckerlösungen unterliegen diesem Prozeß der Gärung nicht, ja solche haben geradezu konservierende Eigenschaften, von denen man beim Einmachen der Früchte Gebrauch macht.[1])

Alle Gärung wird, wie schon (siehe Seite 62) erwähnt, durch überall in der Luft vorhandene kleinste Lebewesen veranlaßt, wenn diese in zuckerhaltige Flüssigkeiten hineinfallen. Was speziell bei der Gärung den Übergang von Zucker in Spiritus und Kohlensäure[2]) veranlaßt, und dadurch zu berauschenden Getränken führt, hat den Namen Saccharomyces cerevisiae erhalten.

Am leichtesten von allen vergärt die durch Auspressen von Weintrauben gewonnene Flüssigkeit. Sie führt bekanntlich den Namen Most und enthält den leicht vergärbaren Traubenzucker, sowie auch im übrigen alle Stoffe, welche die Hefe, die als Lebewesen bestimmte Ansprüche, z. B. hinsichtlich anorganischer Salze (siehe Seite 89) stellt, zu ihrer Entwicklung braucht. Das hierbei entstehende Getränk ist der Wein.

Der Zuckergehalt der Weintrauben ist, wie wir schon durch den Geschmack bestimmen können, außerordentlich wechselnd, und dementsprechend schließlich auch der Alkoholgehalt des Weines. Seine Zunahme im Wein hat dadurch eine obere Grenze, daß die Hefe, sobald der Alkohol in einer gärenden Flüssigkeit etwa 16 Volumprozente erreicht, abstirbt.

---

1) Zu bemerken ist, daß nicht alle Zuckerarten direkt gärungsfähig sind, und zu den nicht direkt gärungsfähigen gehören der Rohrzucker und der Milchzucker. Diese gehen aber, wenn die Gärung durch neben ihnen vorhandene Substanzen eingeleitet ist, in der Flüssigkeit von selbst in vergärbaren Zucker über (siehe weiterhin).

2) Es handelt sich dabei nicht um eine rein chemische Reaktion, sondern um Vorgänge, die mit dem Lebensprozeß der Hefe im Zusammenhang stehen, und so bilden sich neben diesen Hauptprodukten noch geringe Mengen anderer Körper.



Nun finden wir aber, wie die folgende Tabelle zeigt, Weine, deren Alkoholgehalt weit höher als der angegebene ist. Sie sind alsdann künstlich mit Spiritus versetzt, teils um sie haltbarer zu machen, teils um dem herkömmlichen Geschmack, den das Publikum mit dem Namen gewisser Sorten verbindet, immer wieder zu genügen.

	Alkohol		freie Säure	Zucker	
Schlesischer Wein . . .	5,5	Volumproz.	0,80	—	Proz.
Markobrunner von 1882 .	7,17	„	0,78	—	„
Liebfrauenmilch 1875 . .	11,55	„	0,63	—	„
Vöslauer Goldeck 1868 . .	10,28	„	0,592	—	„
St. Julien 1865	9,28	„	0,637	—	„
Chablis 1862	9,30	„	0,494	—	„
Malvasier	7,50	„	0,900	36,40	„
Samos	14,96	„	0,730	7,68	„
Tokayer Ausbruch . . .	10,76	„	0,600	25,34	„
Tokayer Ausbruch II . .	14,84	„	0,620	8,20	„
Portwein	19,82	„	0,330	4,82	„
Madeira	19,12	„	0,480	3,46	„
Malaga	15,12	„	0,390	15,50	„
Sherry	21,22	„	0,480	2,04	„

Auch sehen wir aus der Tabelle, die wegen der vielen Weinsorten, mit denen wir in Berührung kommen, etwas umfangreicher zusammengestellt ist, daß jeder Wein ein wenig freie Säure enthält, sowie daß in Weinen, die aus zuckerreichen Trauben stammen, der Zucker aus dem oben angegebenen Grunde nicht gänzlich vergärt, während er aus zuckerärmeren vollständig verschwindet. Letztere sind daher die für Zuckerkranke geeigneten.

Was die sogenannte Blume des Weines anbetrifft, jenes feine Aroma, welches sich durch Lagern immer mehr ausbildet, so lassen sich die chemischen Stoffe, die sie verursachen, noch nicht alle definieren. Ein Teil davon sind aber Ester[1]) organischer Säuren, eine Art von Verbindungen, deren Zusammensetzung ohne tiefere chemische Kenntnisse nicht mehr klar zu machen

1) Wissenschaftliche Bezeichnung für eine bestimmte Art von Abkömmlingen organischer Säuren.

ist. Auch sie entstehen im Wein durch den Einfluß von Bakterien, die man in verkorkten Flaschen noch nach 40 Jahren in geringer Menge lebend angetroffen hat.

Nun kommen wir zu den Obstweinen. Sie werden ebenfalls auf dem Wege erhalten, daß man die betreffende Obstsorte (Äpfel, Birnen) nach Art der Weintrauben auspreßt und den so erhaltenen Most vergären läßt. Bei dem geringen Zuckergehalt dieser Moste bleibt aber der Wein sehr alkoholarm. Um ihn an diesem wesentlichsten Bestandteil zu bereichern, setzt man deshalb der ausgepreßten Flüssigkeit häufig Zucker zu, der dann mit vergärt. Dieser Zusatz ist bei Verwendung von Johannisbeeren und ähnlichen wenig süßen Früchten geradezu unerläßlich, wenn überhaupt ein Getränk von nennenswertem Alkoholgehalt gewonnen werden soll.

Seit dem Jahre 1901 kommen auch alkoholfreie Getränke aus Obst unter Namen wie Pommeril, Apfelblümchen usw. in den Handel, und erfreuen sich bei den Abstinenzlern einer steigenden Beliebtheit. Ihre Herstellung erfolgt ohne Gärung, die ja Alkohol erzeugen würde, und ist einfach folgende. Die Schalen jener Äpfel, welche amerikanische Fabriken im entschälten Zustande massenhaft für den Export trocknen, die früher höchstens als Viehfutter dienen konnten, trocknen sie jetzt ebenfalls. Diese werden in Europa mit Wasser ausgekocht und der klarfiltrierte Extrakt wird mit ein wenig Kohlensäure imprägniert auf Flaschen gefüllt, womit die Fabrikation beendet ist. Die Kohlensäure dient zur Verbesserung des sonst zu faden Geschmacks dieser neuen Art von Getränken.

Außer Wein wird aus dem Traubenmost auch in manchen Gegenden Champagner[1]) dargestellt, der seinen Namen natürlich von der Champagne herführt, wo ihn Perignon, Kellermeister der

1) Der Ausdruck Sekt, den wir bei Shakespeare namentlich von Falstaff so oft angewendet finden, bedeutet dort Sherry-Wein. Erst um das Jahr 1820 kam durch den Schauspieler Devrient Sekt als Bezeichnung für Champagner in die Mode.



Abtei Hautvilliers um das Jahr 1670 erfand. Zu seiner Darstellung verfährt man gegenwärtig so, daß man dem Wein eine genau bestimmte Menge besten Zuckers zusetzt. Der gezuckerte Wein wird darauf in Flaschen gefüllt, die wagerecht gelagert werden. Nun fängt der Wein in den Flaschen durch den Zuckerzusatz wieder zu gären an, entwickelt demnach Kohlensäure, und dieses kohlensaure Gas bewirkt hernach das Schäumen des Weines. Die Gärung entsteht durch die in dem Jungwein zurückgebliebenen Hefereste, bleibt aber zuweilen aus, weshalb der Wein manchesmal wieder aus den Flaschen genommen werden mußte. In allerneuster Zeit versetzt man deshalb den Wein vor der Abfüllung auf Flaschen mit Reinhefe, wodurch die Gärung sicher eingeleitet wird. Ist der Wein vollständig vergoren, und hat er seine Hefe abgesetzt, so werden die Flaschen auf den Kopf gestellt und von Zeit zu Zeit gerüttelt, wodurch sich die Hefe allmählich vor den Korken ablagert. Öffnet jetzt ein Arbeiter die mit dem Hals nach unten gehaltenen Flaschen, so werden mit dem ersten Teil der herausgeschleuderten Flüssigkeit diese Verunreinigungen entfernt. Nachdem letzteres geschehen ist, werden sie mit dem sogenannten Likör wieder aufgefüllt. Die Zusammensetzung des Likörs, der auf den schließlichen Geschmack der fertigen Ware von größtem Einfluß ist, bleibt stets Geheimnis des Fabrikanten. Nach diesem Zusatz ist der Champagner fertig, muß aber zur Veredlung noch längere Zeit lagern.

Der starke Druck in den Flaschen zertrümmerte in älteren Zeiten bis zu einem Viertel davon im Laufe der Fabrikation, während heute, wo man den Druck der Kohlensäure auf die Flaschen genau zu berechnen vermag, nur noch etwa ein Prozent zerspringt. Wie man sieht, kann überall, wo Wein gewonnen wird, schließlich auch Champagner fabriziert werden, aber das auf diesem Wege hergestellte Produkt wird wegen der Umständlichkeit der Fabrikation niemals sehr wohlfeil sein können, wie wir das an guten deutschen Marken sehen.

Wenn es trotzdem jetzt so außerordentlich billige Schaumweine gibt, so ist das ein Getränk, das mit dem eigentlichen Champagner nur den Namen gemein hat, aber auf andere Weise

hergestellt ist Zu seiner Fabrikation wird ein leichter Weißwein mit etwas Zucker, falls es nötig ist, gesüßt, und darauf, ganz wie bei der Selterwasserfabrikation, Kohlensäure hineingepumpt, worauf der Champagner fertig ist. Wenn man nun heute schon eine Flasche Selterwasser für wenige Pfennige erhält, so sieht man daraus, wie wenig das Hineinpressen von Kohlensäure, und damit das Überführen von Wein in Champagner nach dieser Methode kostet, wie billig daher Schaumwein verkauft werden kann.

Während die Bewohner der Gegenden, in denen der Weinstock gedeiht, schon in den ältesten Zeiten den Wein gekannt haben, da seine Herstellung sich ihnen sozusagen von selbst aufdrängte, fanden die nördlicher wohnenden Völker andere Methoden, die ihnen alkoholhaltige Getränke lieferten, an denen die Menschen, wenn sie dieselben einmal kennen gelernt haben, dauernd zu hängen scheinen.

So kannte man in den Ländern nordwärts der Alpen, in welche der Weinstock erst mit den Eroberungen der Römer kam, den Met seit Urzeiten. Auch dessen Herstellung ist nicht schwierig. Der Bienenhonig, welcher ja sehr süß, also reich an Zucker ist, ist sein Ausgangsmaterial.

Bienenhonig selbst gärt wegen zu hoher Konzentration, also wegen seines zu hohen Zuckergehaltes nicht. Verdünnt man ihn aber mit Wasser, so veranlaßt die aus der Luft hineinfallende Hefe die Gärung, und man erhält als berauschendes Getränk den Met. Heute ist er so gut wie ganz vergessen; er schmeckt auch, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenig erfreulich.

Ebenso alt mag das Trinken von Kumys, das ist gegorene Stutenmilch, sein, das zumeist in Transkaspien üblich und nie weit über jene Gegenden hinausgekommen ist. Das Getränk schmeckt gar nicht übel, wie Verfasser sich im Kaukasus zu überzeugen Gelegenheit gehabt hat.

Da bei uns die Milch beim Stehen nicht durch die Hefe in ein berauschendes Getränk verwandelt, sondern durch den Milchsäurebacillus, der den Milchzucker in Milchsäure überführt, sauer

wird (siehe Seite 62), müssen wir in Kürze die Entstehung des Kumys besprechen. Verdünnt man Milch mit etwa der zehnfachen Menge Wasser, und setzt bereits fertigen Kumys zu, so verwandelt der in diesem vorhandene Milchsäurebazillus einen Teil des Milchzuckers rasch in Milchsäure. Diese Säure wirkt jetzt auf den Rest des Milchzuckers so ein, daß er in einen durch Hefe vergärbaren Zucker übergeht (siehe die Anmerkung 1 Seite 104), worauf unter Bildung von Alkohol und Kohlensäure die wahre Gärung eintritt.

Nach dem gleichen Verfahren kann man Kuhmilch in ein berauschendes Getränk verwandeln, wie das auch an einigen Orten in Europa sogar im großen versucht worden ist. Der Geschmack des Getränks scheint aber Europäern auf die Dauer nicht zuzusagen, weshalb die Fabrikation wieder aufgegeben werden mußte.

Wo in Europa kein Wein mehr wächst, hat man im Laufe der Zeit statt Met usw. Bier herzustellen gelernt, welches durch seinen Wohlgeschmack die letztbesprochenen Alkoholika so weit übertrifft, daß es sie jetzt überall verdrängt. Zum Verständnis der Bierbereitung müssen wir folgendes vorausschicken.

Wenn Samen der feuchten Erde übergeben werden, treiben sie sehr bald ein Würzelchen, und zugleich Blätter. Das Würzelchen ist aber nicht von vornherein imstande, die Blätter zu ernähren, und jetzt kommen die in den Samen aufbewahrten Reservevorräte an Stärkemehl und Eiweiß (siehe Seite 72) zur Geltung. Die Natur läßt nämlich zugleich mit der Keimung einen Stoff sich bilden, welcher das Stärkemehl in Zucker und Dextrin verwandelt, und läßt auch die Eiweißkörper löslich werden. Damit können denn diese löslich gewordenen Reservestoffe zur Ernährung des Pflänzchens dienen, bis die Wurzel genügend erstarkt ist, um sie zu übernehmen.

Von allen Samenkörnern eignet sich erfahrungsgemäß die Gerste am besten zur Bierbereitung. Man kann aber auch Bier aus Weizen herstellen, solches ist das Berliner Weißbier usw. Da nun aus dem eben gehörten Grunde Gerstenbier das bei weitem verbreitetste ist, wollen wir im folgenden uns speziell mit

ihm beschäftigen, indem damit die Gewinnung der anderen Biere zugleich so wie so klargelegt ist.

Zum Zwecke der Bierbereitung feuchtet man die Gerste stark an und bringt sie in einen nicht zu kalten Keller. Dort keimt sie jetzt außerhalb der Erde. Sie treibt ihre Würzelchen, und es bildet sich darin jener Stoff, der die Stärke in Zucker zu verwandeln vermag, welchen man Diastase genannt hat. Auch stickstoffhaltige Stoffe, also Eiweißstoffe, werden gleichzeitig wasserlöslich.

Hat das Würzelchen die erfahrungsgemäß richtige Länge erreicht, so trocknet man die Gerste. Das so erhaltene Produkt heißt jetzt Malz. Besorgt man das Trocknen an einem luftigen Ort, so bekommt man Luftmalz. Die Mälzereien trocknen es aber jetzt zumeist auf Darren, das ist in stark erwärmten Räumen. Je höher die Temperatur, die hier angewendet wird, steigt, um so dunkler fällt schließlich das Bier aus, indem sich immer mehr braune Substanzen im Malz bilden. Für sehr dunkle Biere röstet man sogar einen Teil davon nach Art des Kaffeebrennens in Trommeln (siehe Seite 78).

Das fertige Produkt wird, nachdem es geschrotet, d. h. etwas zerquetscht ist, in Bottichen mit etwa 50° bis 70° warmem Wasser übergossen. Bei dieser Temperatur geht nämlich der Übergang der Stärke in Zucker und Dextrin unter dem Einfluß der Diastase, welche sich doch während des Keimprozesses in der Gerste gebildet hat, am schnellsten vor sich. Es entsteht also aus dem Stärkemehl der Gerste Zucker, welcher hernach durch Gärung den Alkohol des Bieres liefert. Durch diesen als Maischprozeß bezeichneten Vorgang erhält man die Würze somit als eine stark zuckerhaltige Flüssigkeit, die nach dem Erkalten dem aus den Trauben gepreßten Most entspricht. Während der Most direkt den gärungsfähigen Traubenzucker enthält, hat aber der Mensch in der Maische erst künstlich den Stärkemehlgehalt der Gerste in gärungsfähigen Zucker verwandelt.

Wollte man die Würze ohne weiteres vergären lassen, so bekäme man ein ganz ungenießbares Bier. Man weiß vielmehr

seit Urzeiten, daß es nötig ist, in der Flüssigkeit etwas Bitteres zu kochen, um schließlich ein angenehm schmeckendes Getränk zu erhalten. Dazu dient heutzutage überall der Hopfen, der am Rhein schon seit dem neunten Jahrhundert zu dem Zweck angebaut wird. Bevor aber die Kenntnis desselben nach Ostpreußen z. B. gelangte, bediente man sich hier an seiner Statt der Eichenrinde. Der dadurch bewirkte bittere Geschmack würde uns heute gewiß wenig zusagen.

Die Würze muß nach dem Kochen mit dem Hopfen so schnell wie möglich abgekühlt werden, was auf flachen Kühlschiffen heutzutage unter Zuhilfenahme maschineller Vorrichtungen geschieht. Denn es liegt die Gefahr vor, daß die Vergärung des Zuckers in falscher Richtung verläuft. Namentlich bei einer Temperatur zwischen 30° und 25° droht die von uns jetzt schon oft besprochene Milchsäuregärung einzutreten, womit natürlich das Bier sauer werden würde und verdorben wäre. Schließlich kommt die genügend abgekühlte Flüssigkeit in Kellern in großen Bottichen zum richtigen Gären, indem man ihr Hefe von einer früheren Bierbereitung zusetzt.

Wollte man nämlich darauf warten, bis aus der Luft genügend Hefe hineinfällt, so würde der Prozeß ein sehr langsamer und unzuverlässiger werden, während sich die zugesetzte Hefe sehr bald in der Flüssigkeit, die nach Art des Mostes alle zu ihrem Gedeihen nötigen Stoffe enthält, kräftig vermehrt, und den Übergang des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure bewirkt. Läßt man die Gärung bei einer Temperatur von 12° bis 15° vor sich gehen, so tritt neben der schnellen Alkoholbildung eine so stürmische Kohlensäureentwicklung ein, daß die aufsteigenden Gasblasen die Hefezellen mit nach oben reißen. Man erhält obergäriges Bier, das nicht mehr sehr beliebt und auch wenig haltbar ist.

In der sogenannten Bayrischbierbrauerei läßt man dagegen die Gärung bei etwa 6° bis 8° verlaufen. Sie vollzieht sich hier viel langsamer, und die Hefe bleibt, da die Kohlensäuregasblasen nur sehr allmählich sich entwickeln und aufsteigen, als Schlamm am Boden der Bottiche liegen. Das so erhaltene Bier ist unter-

gärig, sehr viel haltbarer, und, wenn gut hergestellt, von so zusagendem Geschmack, daß bei dem Eroberungszuge durch die Welt, auf welchem es sich befindet, immer mehr Völker sich an seinen Genuß gewöhnen.

Damit es trinkbar sei, muß es außer dem bitteren Geschmack noch im Gegensatz zu Wein und Spirituosen Kohlensäure enthalten, ohne die es schal schmeckt und ungenießbar ist. Um es mit der nötigen Menge davon zu versehen, bringt man es nach der Hauptgärung auf Fässer, in denen eine fortwährende, wenn auch sehr schwache Nachgärung stattfindet. Kurze Zeit, bevor es getrunken werden soll, spundet man die Fässer zu. Die weitergehende Gärung sättigt jetzt das Bier, da die Kohlensäure aus dem verschlossenen Fasse nicht mehr entweichen kann, allmählich mit der davon genügenden Menge. Dem Gewichte nach ist diese recht gering, sie beträgt etwa zwei zehntel Prozent, wie wir aus folgenden Analysen entnehmen, die die Durchschnittszusammensetzung von Bieren, wie sie aus einer sehr großen Anzahl von Analysen berechnet ist, angeben. Wir beschränken uns natürlich auf die Wiedergabe der wichtigsten Bestandteile.

	Wasser	Kohlensäure	Alkohol-Gewichtsproz.	Zucker	Asche	
Schenk- od. Winterbier	91,81	0,228	3,206	0,442	0,200	Prozent
Lager- od. Sommerbier	90,71	0,218	3,679	0,872	0,223	„
Porter	87,10	0,155	5,350	1,340	0,419	„
Weißbier	91,64	0,279	2,510	—	0,163	„

Wie man sieht, wird der Genuß von einem halben Liter Bier pro Tag einem Zuckerkranken gestattet werden können.

Wir kommen nun zum Spiritus selbst und den daraus bereiteten Getränken.

Die berauschende Wirkung des Weines war seit Urzeiten bekannt, aber das berauschende Prinzip daraus abzuscheiden, gelang erst den Arabern im achten Jahrhundert, nachdem sie die Destillation[1]) (siehe Seite 27) erfunden hatten. Geben wir in

1) So einfach uns heute die Ausführung einer Destillation erscheint, so ist das Altertum trotz seines großen Interesses an der Natur nie auf diese Trennungsmethode des Flüchtigen vom Nicht- oder weniger Flüchtigen ge-

den Siedekolben des dort abgebildeten modernen Destillationsapparates Wein und erhitzen ihn darin, so erhalten wir in der Vorlage, wie wir sehen, ein angenehm erfrischend riechendes wasserhelles Destillat. Die Araber bewunderten zuerst am meisten die Brennbarkeit dieses scheinbaren Wassers und gaben ihm den Namen Alkohol. Dieses Destillat schien nach Auffassung der Europäer den Geist des Weines zu enthalten und ist deshalb später spiritus vini oder kurzweg Spiritus genannt worden. Der ausgekochte Rückstand, mit dem nichts anzufangen ist, erhielt den Namen Phlegma; daher das Schillersche Wort: zum Teufel ist der Spiritus, das Phlegma ist geblieben.

Wir haben hier gleich von vornherein zu bemerken, daß der

---

kommen. Die Alten begnügten sich, wie noch mancher heute, mit der Naturphilosophie, die nur durch spekulatives Denken alle Fragen zu beantworten sucht. Dieser Weg, die naturwissenschaftlichen Probleme zu lösen, muß nach den mehrtausendjährigen vergeblichen Versuchen für ganz aussichtslos erklärt werden. Die eigentlichen Naturwissenschaften suchen der Natur die Antworten durch das Experiment abzuzwingen, und das ist sicher viel vernünftiger, weil es allein Aussicht auf Erfolg bietet.

Dabei wußte man z. B. schon im Altertum, daß manche Substanzen ganz brauchbare neue Verbindungen auf dem Wege der Destillation, wie wir heute sagen, liefern. So erzählt Plinius, daß man, wenn man Terpentin, jenes Harz, welches aus vielen Bäumen durch Einschnitte gewonnen werden kann, mit Wasser koche, und über den Kessel wollene Decken hänge, nachher beim Ausdrücken dieser Decken ein Öl erhalte, welches vom Terpentinharz verschieden sei. Es muß für dieses Öl damals schon Verwendungen gegeben haben, da es, wie er mitteilt, ziemlich viel hergestellt wurde. Auf die Idee irgend einer Art der Destillation des Terpentinharzes, um so zu einem solchen Öl, unserem heutigen Terpentinöl, zu kommen, ist man also nicht verfallen, sondern bediente sich dauernd dieser unglaublich unvollkommenen Einrichtung.

Vielleicht ist es nicht uninteressant darauf hinzuweisen, daß, in ähnlicher Weise wie hier Plinius berichtet, noch heute, ca. 2000 Jahre später, die Eingeborenen der Insel Formosa den Kampfer gewinnen. Sie kochen nämlich das Holz des Kampferbaumes mit Wasser in einem Kessel, auf den sie einen hohen Deckel, der von innen mit Reisig gefüllt ist, setzen. Mit dem Wasserdampf verflüchtigt sich der Kampfer und bleibt infolge der Abkühlung im Deckel, in Form von Kügelchen, im Reisig in einer Ausbeute von etwa 3 Prozent des Holzes hängen. Seine vollständige Reinigung, bei der er das uns bekannte Aussehen annimmt, erfolgt erst in Europa.

Alkohol so wie im Wein, bei dem wir seine Anwesenheit soeben mit Hilfe der Destillation feststellten, auch in allen anderen von uns genossenen geistigen Getränken das wirksame also anregende und, im Übermaß genossen, berauschend wirkende Prinzip ist. Den Nachweis, daß auch in sonstigen geistigen Getränken, z. B. im Biere Spiritus vorhanden ist, wollen wir derart führen, daß wir zeigen, wie im Biere ein sich wie Alkohol verhaltender, also beim Kochen sich verflüchtigender und brennbarer Körper vorhanden ist.



Fig. 16.

Zu dem Zwecke gießen wir den Inhalt einer Flasche Bier in einen Kochkolben, auf welchem wir mittels eines Korkstopfens ein etwa ein und einen halben Meter langes Glasrohr aufsetzen (siehe Figur 16). Bringen wir jetzt das Bier in kräftiges Sieden, und halten gleichzeitig neben die obere Öffnung der Glasröhre ein brennendes Streichholz, so entzündet dieses die aufsteigenden und mit hoher Flamme weiterbrennenden Alkoholdämpfe. Diese Flamme erlischt natürlich sehr bald, da ja in dem verwendeten halben Liter Bier nur wenig Alkohol enthalten ist; immerhin haben wir ihn auf diesem Wege sozusagen direkt aus dem Biere herausbrennen lassen.

Hätten wir ihn nicht verbrannt, weil dieses die für unsere Vorlesung bequemste Form des Nachweises im Biere ist, sondern hätten ihn abdestilliert, so würden wir ihn natürlich als Flüssigkeit erhalten haben. Von dieser ist es dann für die Chemiker nicht schwer zu zeigen, daß sie mit dem auf dem gleichen Wege aus Wein erhaltenen Alkohol identisch ist.

Aus Wein wird noch heutzutage viel Spiritus in metallenen Gefäßen, deren Prinzip unserem Glasapparat Seite 27 entspricht, abdestilliert. Er dient jetzt namentlich zur Kognakfabrikation, und mußte früher den ganzen Bedarf der Welt an Spiritus decken. Bier hat nie dem Zwecke der Spiritusgewinnung gedient. Man hat nämlich schon früh eine Methode herausgefunden, um aus Getreide Spiritus, den sogenannten Kornbranntwein, herzustellen, welche weit weniger umständlich als die Bierbrauerei ist.

Das Verfahren scheint um 1500 herum in Süddeutschland erfunden zu sein. Seine Ausführung ist in ihren Hauptzügen folgende:

Als Rohmaterial dient zumeist Roggen, den man aber nicht allein, sondern fast stets mit Gerste zusammen verarbeitet. Der Beginn der Fabrikation ist ganz dem der Bierbrauerei entsprechend, indem man nasse Gerste in Kellern keimen läßt. Das so erhaltene Grünmalz wird in der Spiritusindustrie meistens sogleich weiter verarbeitet, seltener zuerst getrocknet, bzw. gedarrt.

Die die Überführung der Stärke in Zucker und Dextrin bewirkende Diastase, welche sich doch beim Übergang der Gerste in Malz bildet (siehe Seite 110), kann nun weit mehr Stärke verzuckern, als im Malz selbst vorhanden ist. Übergießt man daher den geschroteten und heutzutage zur besseren Freilegung der Stärkekörner gekochten Roggen mit Wasser von etwa 60°, und gibt solches Malz dazu, so wird auch der ganze Stärkegehalt des Roggens in Zucker mitverwandelt.

Die auf diesem Wege gewonnene zuckerhaltige Flüssigkeit, deren Zuckergehalt also dem durch Diastase verwandelten Stärkegehalt des Roggens und der Gerste entstammt, welche wiederum (siehe Seite 110) mutatis mutandis dem Most aus Weintrauben entspricht, wird nun der Gärung unterworfen. Die hierzu nötige Hefe bereitet sich der Spiritusfabrikant immer selbst.

Diese Hefegewinnung ist vielerorts mit der Erzeugung der sogenannten Preßhefe verbunden, die heutzutage, wo sie so bequem zu haben ist, überall als Mittel zur Einleitung von Gärungen verwendet wird. Die Bäcker lassen damit den Teig des Weizen-

brotes, also des Weißbrotes aufgehen (siehe Seite 95), in der Küche wird sie benutzt, usw. Sie hat die ehemalige Bierhefe, die von obergärigen Bieren (siehe Seite 111) abgenommen, durch ihren hohen Wassergehalt mehr einer grauen Flüssigkeit als der heutigen Preßhefe ähnlich sah, und manchmal vom Hopfen her einen bitteren Geschmack hatte, völlig verdrängt.

Gewonnen wird die Preßhefe auf nachstehende Weise: Die kräftige Gärung zur reichlichen Hefegewinnung für die Spiritusfabrikation läßt man obergärig verlaufen, indem man eine Würze, die man aus einem Teil Gerstenmalz und fünf Teilen geschrotetem Roggen bereitet hat, durch Hefezugabe bei einer Temperatur von nicht viel unter 30°, also bei einer für Gärungszwecke sehr hohen Temperatur, gären läßt. Die infolgedessen recht stürmische Gärung liefert sehr viel neue Hefe, von der ein Teil für die Spiritusfabrikation verbraucht, ein Teil auf Preßhefe verarbeitet wird. Zu deren Herstellung schöpft ein Arbeiter die oben schwimmenden Hefemassen auf ein Haarsieb, das in einem mit Wasser gefüllten Bottich schwimmt. Die Hefezellen fallen durch dieses hindurch und lagern sich allmählich auf dem Boden ab, während alle gröberen Teile auf dem Siebe liegen bleiben. Hat sich die Hefe möglichst abgelagert, so läßt man das Wasser aus dem Bottich ablaufen, gibt frisches hinauf, rührt durch, läßt wiederum die Hefe sich absetzen und reinigt sie auf diese Art, indem man die Prozedur einige Male wiederholt. Nachdem das letzte Wasser abgelaufen ist, bleibt die Hefe schließlich in Form eines Schlammes zurück, der an angefeuchteten Bildhauerton erinnert. Wie man aus diesem durch Pressen das Wasser nicht wieder herausbringen kann, so wollte auch bei dem Hefeschlamm das Entwässern ursprünglich nicht gelingen.

Mit Hilfe eines Kunstgriffes erreichte man es aber doch, sie so weit trocken zu bringen, daß sie jene teigige Beschaffenheit annahm, in der wir sie zu sehen gewohnt sind. Man setzte ihr nämlich etwa 20 Prozent stark getrockneter Stärke zu, welche so viel Wasser aufsaugt, daß dadurch ein abpreßbarer Brei entsteht. Stärke und Hefe wirken ja absolut nicht aufeinander. Hefe wirkt nur auf Zucker oder auf verzuckerte Stärke.

Seit den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts leitet man durch die in Gärung befindliche Maische Luft, da man gefunden hat, daß die dadurch bewirkte Durchlüftung das Wachstum der Hefe sehr begünstigt, und damit die Ausbeute daran verbessert. Auch sind Pressen konstruiert worden, vermittelst derer sie ohne Zuhilfenahme von Stärkemehl jetzt genügend entwässert werden kann. Daher kommt nunmehr auch stärkefreie Preßhefe in den Handel.

Die auf dem vor der Besprechung der Preßhefefabrikation angegebenen Wege aus dem Roggen (oder genauer ausgedrückt aus dem Stärkemehlgehalt des Roggens) mit Hilfe der Diastase des Malzes gewonnene zuckerhaltige Flüssigkeit läßt man zwecks Spiritusgewinnung durch Zusatz kräftiger Hefe recht rasch vergären. Auf die spezielle Art und Weise des Verfahrens hat auch hier, wie ehemals in der Zuckerindustrie, die Besteuerung des Branntweines den größten Einfluß. Auch hier gestattet die den Steuerverhältnissen, welche in den verschiedenen Ländern sehr variieren, möglichst angepaßte Art der Fabrikation den gewinnreicheren Betrieb (siehe Seite 83). Schließlich wird das vergorene Material destilliert. Das Destillat, der Kornbranntwein, hat, ähnlich wie der Weinspiritus, einen angenehmen Geruch und Geschmack, so daß es ohne weiteres zur Fabrikation von Spirituosen aller Art dienen kann. Der Rückstand in der Destillierblase, also dasjenige, was nicht überdestilliert, heißt Schlempe, worauf wir nachher zurückkommen müssen.

Seit dem Jahre 1820 etwa hat man gelernt, auch aus Kartoffeln Spiritus zu bereiten.

Wenn auch Kartoffeln so gar nichts an sich haben, das an Geistiges erinnert, so wissen wir doch (siehe Seite 73), daß sie sehr stärkemehlhaltig sind, und können daraufhin leicht verstehen, daß sie durch Verzuckerung ihres Stärkegehalts und Vergärung dieses Zuckers Ausgangsmaterial der Spiritusfabrikation werden können.

Ja, eine Betrachtung der Erntedurchschnittszahlen zeigt, daß man mit Hilfe von Kartoffeln viel mehr Spiritus aus einem Stück

Feld gewinnen kann, als wenn man es mit Roggen bebaut. Roggen liefert durchschnittlich pro Hektar eine Ernte von 1600 Kilogramm, die, da sie etwa 65 Prozent Stärke enthalten, 1040 Kilogramm Stärke entsprechen. Von einem Hektar erntet man aber durchschnittlich 16000 Kilogramm Kartoffeln, und wenn deren Stärkegehalt auch durchschnittlich nur etwa 18 Prozent beträgt, so entspricht das doch 2880 Kilogramm Stärkemehl.

So ist denn die Spiritusfabrikation aus Kartoffeln namentlich in den ostelbischen Teilen Deutschlands, wo es für den Kartoffelbau so sehr geeigneten Boden gibt, nachdem man sie einmal kennen gelernt hatte, zu sehr hoher Blüte gelangt. Sie hat viele Jahre den Reichtum dieser Provinzen in hohem Grade mehren helfen, leidet aber zu Zeiten, wie zahlreiche andere Fabrikationen, an Überproduktion und dadurch herbeigeführtem außerordentlichen Preisdruck des fertigen Produkts.

Wir wissen, daß die Stärkekörner der Kartoffeln in Hüllen eingeschlossen sind (siehe Seite 97). Um die Freilegung der Stärke zu erreichen, hat man sie von jeher zur Gewinnung von Spiritus gekocht. Jedoch hat die Praxis der Jahre gezeigt, daß es nicht gelingt, auf diesem einfachen Wege alle Stärkekörnchen so freizulegen, daß sie der Verzuckerung durch die Diastase des Malzes zugänglich werden. Dieser für die schließliche Ausbeute an Spiritus wichtigsten Anforderung hat man dann in der Weise genügt, daß man die Kartoffeln nicht mehr in offenen, sondern in geschlossenen Gefäßen kocht.

Erhitzt man Wasser in einem geschlossenen Kessel, also in einem Dampfkessel, wie wir sagen, so wird es darin schwerer als in einem offenen Gefäß kochen. So wie wir sahen, daß es, wenn man die Luft aus einem Gefäß entfernt (siehe Seite 82), weit unter 100° Celsius, seinem Siedepunkt bei dem gewöhnlichen Luftdruck, kocht, so wird hier der Siedepunkt durch den Wasserdampf selbst, der nicht aus dem Gefäß heraus kann, und deshalb auf das Wasser drückt, erhöht werden. So kocht Wasser, wenn der Überdruck das Vierfache des gewöhnlichen Luftdrucks, oder wie man sagt vier Atmosphären beträgt, erst bei etwa 150° Celsius, und bis auf diese Temperatur und damit bis auf diesen

Druck pflegt man die Kartoffeln in dem sogenannten Dämpfer zu erhitzen. Selbstverständlich hat dann auch dasjenige Wasser, welches durch den Kochprozeß in dieselben eingedrungen ist, ebenfalls die Temperatur von 150°. Ist das erreicht, so wird plötzlich ein Ventil am Boden des Gefäßes geöffnet, und sein Inhalt, also die mit Wasser auf 150° erhitzten Kartoffeln, werden infolgedessen in einen passend gestellten Bottich geschleudert werden. Jetzt ist der Überdruck von ihnen genommen, und das um 50° zu heiße Wasser, und zwar auch das innerhalb der einzelnen Zellen der Kartoffeln befindliche, geht außerordentlich heftig in Dampf über, indem es seine ganze Überhitze zu fast explosionsartig heftiger Dampfbildung verwenden muß. Damit tritt Zerreißung aller Zellen ein, und die Stärkekörnchen sind jetzt so freigelegt, daß sie nunmehr alle von der Diastase verzuckert werden können.

Denn auch hier wird wieder so verfahren, daß durch Zugabe von Gerstenmalz zu dem mit Wasser angerührten warmen Kartoffelbrei, wie in der Kornbrennerei, die Verzuckerung der Stärke bewirkt wird. Die jetzt zuckerhaltige Lösung, die auch hier ungefähr dem Most aus Weintrauben entspricht, wird darauf in der uns schon bekannten Weise durch Hefe vergoren.

Die schließliche Destillation der vergorenen Flüssigkeit liefert den Spiritus und als Rückstand ebenfalls Schlempe.

Die Schlempe sowohl der Kornbranntweinbrennerei als auch der Kartoffelspiritusfabrikation ist ein ausgezeichnetes Viehfutter, denn die einfache Überlegung lehrt ja, daß von dem Rohmaterial, also dem Getreide oder den Kartoffeln, nur die Stärke in Form von Spiritus verbraucht ist, während dessen stickstoffhaltigen Bestandteile, die Eiweißstoffe, noch in der Schlempe als solche vorhanden sein müssen. Sie sind aber, wie wir ja wissen, ein ausgezeichnetes Nährmittel, und so ermöglicht die Spiritusbrennerei der Landwirtschaft die Haltung eines größeren Viehstapels, als ohne sie auf den betreffenden Gütern möglich sein würde, und wirkt auch in dieser Richtung fördernd. Die eiweißreiche Schlempe bildet hier gerade eine vorzügliche Ergänzung des doch durch-

schnittlich an Eiweißstoffen verhältnismäßig armen, an Stärke so reichen Viehfutters.

Der Spiritus, wie ihn die Kartoffelbrennerei liefert, enthält aber im Gegensatz zu dem aus Wein oder aus Korn destillierten so viel schädliche Beimengungen, daß er ohne weiteres gar keine Verwendung finden kann. Das aus Wein oder Korn gewonnene Destillat dient direkt zur Fabrikation von Schnaps nebst all dessen Unterarten, da es einen reinen Geruch und Geschmack hat, während der rohe Kartoffelspiritus erst in den Spiritusraffinerien gereinigt werden muß, um überhaupt als Trinkbranntwein verwendet werden zu können. Bei der Gärung der Kartoffelmaische bildet sich nämlich nicht nur der gewöhnliche Spiritus nebst Kohlensäure aus dem Zucker, sondern neben ihm entstehen eine Reihe anderer Körper[1]), die die Chemiker auch zu den Alkoholen zählen, die aber in ihrer Wirkung auf den menschlichen Körper sehr vom gewöhnlichen Alkohol abweichen. In der chemischen Nomenklatur gehören sie meist zu den Amylalkoholen. Das Publikum bezeichnet sie alle mit dem Gesamtbegriff Fuselöl. Sie wirken auf den Körper geradezu als Gifte; schon ihr Geruch hat etwas Erstickendes, sehr bald zum Husten Reizendes.

Daher muß ihre Ausscheidung aus dem Rohspiritus bewirkt werden, was etwa in folgender Art geschieht.

Der rohe Kartoffelspiritus pflegt 80 Prozent Alkohol und 20 Prozent Wasser zu enthalten; in ihm ist das Fuselöl aufgelöst. Verdünnt man ihn aber durch Wasserzusatz auf 50 Prozent Alkoholgehalt, so trübt er sich, indem das Fuselöl in so schwachem Spiritus nicht mehr recht löslich ist, und sich daher in feinen Tröpfchen abscheidet. Den fünfzigprozentigen Spiritus filtriert man über Holzkohle, an der die feinen Tröpfchen hängen bleiben. Zugleich wirkt diese, wie wir wissen (siehe Seite 47), wie alle Kohle, zurückhaltend auf die Farbstoffe, schlechten Gerüche usw.

Der filtrierte fünfzigprozentige Spiritus wird nun in be-

[1]) Wir haben in der Anmerkung 2 auf Seite 104 schon darüber gesprochen, siehe deshalb dort.



sonderen Apparaten auf einen Gehalt von 96 Prozent Alkohol gebracht, und zwar nach folgendem Prinzip:

Wir erinnern uns, daß wir den Alkohol des Bieres direkt anzuzünden vermochten, nachdem wir auf dem Kolben mit dem siedenden Bier ein langes Glasrohr befestigt hatten (siehe Seite 114). Das lange Rohr, das wir, ohne den Grund seiner Länge anzugeben, — wodurch wir nur die Klarheit des Versuchs damals beeinträchtigt hätten, — verwendet haben, war durchaus nötig, denn in ihm vollzog sich erst die Scheidung des Alkoholdampfes vom Wasserdampf.

Hätten wir den Alkohol direkt am Halse des Kolbens anzuzünden versucht, es wäre uns nie geglückt, denn hier war dem Alkoholdampf noch so viel Wasserdampf beigemischt, daß er nicht hätte brennen können. In dem langen Rohre jedoch fielen die verhältnismäßig schweren Wasserdämpfe mehr zurück als die leichteren Alkoholdämpfe; hierdurch wurde eine Scheidung der beiden bewirkt. Infolgedessen entströmten die letzteren in ziemlicher Reinheit der oberen Öffnung des Glasrohrs und konnten hier hoch oben angezündet werden.

Nach dem gleichen Prinzipe macht man nun allen Spiritus möglichst hochprozentig, um ihn billig verfrachten zu können, indem man auf der Destillierblase einen hohen als Kolonne bezeichneten Aufsatz anbringt. In dieser Kolonne fallen also die Wasserdämpfe meistens wieder zurück, so daß fast nur die Alkoholdämpfe in die Vorlage gelangen. Über 96prozentigen Spiritus kommt man aber auf diesem Wege nicht hinaus, die letzten vier Prozent Wasser hält er chemisch gebunden.

Die Darstellung von 100prozentigem, also ganz wasserfreiem Alkohol, ist überhaupt erst seit etwa 100 Jahren gelungen. Sie wird dadurch erreicht, daß man in 96prozentigen Spiritus gebrannten Kalk gibt. Der gebrannte Kalk löscht sich darin auf Kosten des Wassergehalts des Spiritus und hält dieses jetzt seinerseits chemisch gebunden. Destilliert man nun wiederum den auf diesem Wege seines Wassers beraubten Spiritus, so erhält man den absoluten Alkohol, wie man den 100prozentigen benennt, während das Wasser beim Kalk in der Destillierblase zurückbleibt.

Stellt man also seit dem Jahre 1820 etwa aus Kartoffeln Spiritus her, so ist im Jahre 1904 die Gewinnung von Spiritus aus Holz Großindustrie geworden, indem die dafür gebaute Fabrik zu Hattierburg am Mississippi gleich im ersten Jahre 150000 Kilogramm Sägespäne täglich verarbeitete. Holz besteht zum großen Teil aus Cellulose, über die wir noch Ausführliches in der Papierindustrie hören werden. Die Cellulose wiederum gehört wie Zucker und Stärke zu den Kohlenhydraten. Daher kann auch sie wie die Stärke in einen Zucker (siehe Seite 74) übergeführt werden. Durch Vergärung dieses Zuckers muß man also auch aus Holz Spiritus gewinnen können. Bemerkt sei, daß man als Holz ausschließlich Sägespäne benutzt, für die es bis jetzt kaum eine Verwertung gegeben hat. Brennen doch in einem der großen Sägewerke Schwedens mehrere Öfen Tag und Nacht nur zum Verbrennen der Sägespäne, die sonst allmählich das ganze Werk begraben würden. Die Verzuckerung der Cellulose erfolgt in ganz ähnlicher Art, wie wir es bei der Überführung der Stärke in Traubenzucker bereits kennen gelernt haben, nämlich durch Kochen mit einer Säure. Doch gelingt hier die Verzuckerung nur beim Kochen unter Druck, also in Dampfkesseln. Von der passenden Wahl der Säure scheint die Rentabilität des Verfahrens hauptsächlich abzuhängen, indem nur diese das Entstehen einer genügenden Zuckermenge veranlaßt. Man hält gegenwärtig die schweflige Säure für das geeignetste Mittel, und kocht mit ihrer wässerigen Lösung bei etwa 140°. Nach der Kochung sehen die Späne bräunlich aus und haben einen angenehmen Geruch. Der jetzt in ihnen vorhandene Zucker wird mit Wasser ausgelaugt und die zuckerhaltige Flüssigkeit, wie wir das schon so oft zu erfahren Gelegenheit hatten, auch hier mit Hefe vergoren. Der entstandene Spiritus wird auch hier durch Destillation gewonnen. Die Ausbeute soll 12 Liter Spiritus aus 100 Kilogramm Spänen betragen. In Europa ist die Fabrikation bis jetzt nicht in Gang gekommen.

Wir haben hier jetzt noch den denaturierten Spiritus zu besprechen. Spiritus und die spirituösen Getränke sind, da sie

unter den Begriff der Genußmittel fallen, von jeher ein beliebtes Steuerobjekt der Staaten gewesen, was wir schon kurz erwähnt haben.

Andererseits ermöglicht aber die Spiritusfabrikation dem Landmann einen Verdienst am Spiritus als solchen, und infolge der Schlempe, wie wir wissen, eine reichliche Viehhaltung. Der Staat hat also gar kein Interesse, die in dieser Beziehung für das Land so günstige Spiritusfabrikation einzuschränken, wenn er nur für den Trinkbranntwein seine Steuer bekommt, die er zugleich so hoch ansetzen kann, daß dadurch der Trunksucht ein Hemmschuh angelegt wird. Weshalb soll er z. B. Brennspiritus besteuern? besteuert er doch auch Brennholz und Kohle nicht.

Nur muß ein Mittel gefunden werden, welches den Staat davor sichert, daß Brennspiritus und solcher, der in anderen Betrieben gewerbliche Verwendung findet, heimlich zum Trinken benutzt wird. Der Spiritus muß seiner Natur als Trinkbranntwein beraubt, er muß denaturiert werden.

Und dies wird durch Zusätze erreicht, die ohne Beeinträchtigung der Brennbarkeit usw., durch Geruch und Geschmack ihn untrinkbar machen, und die ohne genauere Kenntnisse der Verhältnisse und Apparate, also von Nichtchemikern, nicht daraus wieder entfernt werden können.

Gesetzlich vorgeschrieben für die Denaturierung des Trinkbranntweins sind bei uns die sogenannten Pyridinbasen.

Bei der Leuchtgasherstellung entsteht, wie wir wissen, nebenbei Ammoniak, welches doch eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff ist, und Teer. In diesem Teer finden sich nun stickstoffhaltige Körper, die chemisch als Abkömmlinge des Ammoniaks definiert werden können, und wie dieses starke, zum Teil sehr unangenehme Gerüche haben. Bei der Teerdestillation, auf die wir später eingehen werden, kann man auch sie gewinnen. Ein Teil davon sind jene zum Denaturieren verwendeten Pyridinbasen, die also, wie ihr Name besagt, einer Körperklasse angehören, die sich mit Säuren zu Salzen zu vereinigen vermag (siehe Seite 54).

Die Verarbeitung des reinen Spiritus zu Likören (Schnaps) ist nicht gerade schwierig.

Die Verkaufsstellen des Produkts nennen sich noch heute meistens Destillationen. Diese Bezeichnung stammt aus jener Zeit, wo die Gewinnung des Kornbranntweins noch von den Inhabern der Verkaufsstellen persönlich als Kleingewerbe betrieben wurde, während sie jetzt ja nur Kaufläden sind. Heute werden die Liköre sehr bequem auf kaltem Wege dargestellt, indem man den Spiritus, den die Großindustrie liefert, dem verlangten Geschmacke entsprechend verdünnt, und den nötigen Zucker nebst irgend einer Fruchtessenz zugibt, die von chemischen Fabriken aus diesen Früchten extrahiert und in den Handel gebracht werden. Man kann solche Fruchtäther jetzt aber auch künstlich, also ohne Benutzung von Früchten, auf rein chemischem Wege herstellen, und diese verdrängen immer mehr die dem Pflanzenreich entstammenden Produkte.

Manche Liköre werden auch so dargestellt, daß man den Spiritus mit geeigneten Pflanzenblüten, deren Geschmack er zeigen soll, längere Zeit stehen läßt und hernach abzapft, worauf er ihren Geruch und Geschmack angenommen hat usw.

Anders verhält es sich mit dem Kognak, Arrak und Rum. Diese drei werden durch direkte Destillation aus vergorenen Flüssigkeiten gewonnen. Sie verdanken ihren Geschmack nur den bei der Destillation zugleich mit ihnen sich verflüchtigenden Stoffen. „Sie stellen also sozusagen einen Rohspiritus von sehr angenehmem Geschmack dar.“ Der Kognak wird aus Wein destilliert, und erhält seine Farbe dadurch, daß er in Eichenfässern lagert, aus denen er mit der Zeit einen gelben Farbstoff auszieht. Der Arrak wird in Indien hauptsächlich durch Destillation von vergorenem Reis bereitet. Die Verarbeitung des Reis zu einem geistigen Getränk entspricht natürlich in ihren Grundzügen unserer Kornbranntweinbrennerei aus Roggen, indem in jenen Gegenden an Stelle von Roggen Reis verwendet wird, dessen Stärkemehl also in Zucker übergeführt wird, welcher durch Gärung den Alkohol liefert. Der Rum wird namentlich auf

den Antillen aus vergorenem Zuckerrohrsirup (siehe Seite 79) erzeugt.

Da alle drei, wie aus der Art ihrer Gewinnung folgt, als destillierte Flüssigkeiten zuckerfrei sein müssen, da ja Zucker nicht mit überdestilliert, können sie von Zuckerkranken im Gegensatz zu den Likören ohne Nachteil genossen werden.

Nun noch die Angabe der wichtigsten Analysenzahlen hinsichtlich der Zusammensetzung einiger häufiger genossenen Spirituosen:

	Alkohol			Zucker	
Kognak	53,82	Volumprozente		—	Prozent.
Arrak	60,74	„	„	—	„
Rum	77,62	„	„	—	„
Kümmellikör	38,90	„	„	31,18	„
Benediktiner	46,20	„	„	32,57	„

Wir wollen hier zum Schluß noch die Frage erörtern, wie es eigentlich mit dem Nährwert des Alkohols, über den wir bisher weggegangen sind, steht. Wir haben denselben in den vorausgehenden Auseinandersetzungen im Anschluß an alle maßgebenden Autoren gesetzt.

Dabei müssen wir uns doch aber sagen, daß, wenn Stärke und Zucker Nahrungsmittel sind, weil ihr Kohlenstoff vom Körper schließlich zu Kohlensäure verbrannt wird, dann gewiß der Alkohol, welcher doch ein Zwischenglied zwischen Zucker (bzw. Stärke) und Kohlensäure ist, auch vom Körper schließlich völlig verbrannt werden wird. Ja, wegen seiner einfacheren chemischen Zusammensetzung sollte er nicht nur leichter als Zucker, sondern sicher auch leichter als das doch ebenfalls nur zum Verbrennen bestimmte, aber weit komplizierter zusammengesetzte Körperfett oxydiert werden, so daß sein Genuß zum mindesten eine Ersparnis im Verbrauch daran herbeiführen sollte. Trotz dieser recht nahe liegenden Annahmen ist also, wie zahlreiche Versuche ergeben haben, seine Bedeutung als Nahrungsmittel für Gesunde sehr gering.

Dagegen lehrt die Erfahrung, daß im Krankheitszustande das Verhältnis ein ganz anderes sein kann. Den Kräfteverfall bei Kranken, die sonstige Nahrungsmittel kaum aufnehmen wollen,

kann man häufig, wie der Augenschein auch dem Laien beweist, mit Hilfe von Wein oder Champagner, deren Genuß ihnen zumeist angenehm ist, sehr wohl aufhalten. Dies läßt sich nur so erklären, daß im geschwächten kranken Körper, welcher Kohlenhydrate, Fette und Eiweißstoffe nur noch schwer zu verwerten vermag, der viel leichter als diese Stoffe oxydierbare Alkohol die Wärme und lebendige Kraft erhält, weil seine Oxydation selbst in diesem Schwächezustand des Körpers noch nicht allzu schwierig vor sich geht.

Alkohol ist also kein Nahrungsmittel für den gesunden Körper, sondern er regt nur das Nervensystem an, bzw. auf. Deshalb ist es ganz verkehrt, Kindern bis gegen ihr vierzehntes Jahr Alkohol in irgendwelcher Form, sei es auch in der teuersten, also als guten Wein, zu geben. Berühmte Ärzte behaupten geradezu, die so weit verbreitete Nervosität der besseren Klassen beruhe häufig auf der Nervenzerrüttung durch Alkohol im jugendlichen Alter, zu der die Eltern aus mißverstandenem Interesse den Grund gelegt haben, indem sie durch Wein oder Bier ihre Kinder besonders zu kräftigen glaubten.

Die Stellung des Verfassers zur Frage der Abstinenz Erwachsener ist folgende: Männer, welche, sei es freiwillig, sei es infolge ihres Berufes, angestrengt geistig arbeiten und Aufregungen aller Art ausgesetzt sind, sollen sich des Alkohols ganz enthalten, denn die Nerven der wenigsten sind der Anspannung durch die geistige Tätigkeit und der gleichzeitigen Anpeitschung durch den Alkohol auf die Dauer gewachsen. Verfasser hat das an sich selbst erfahren, ist deshalb seit einigen Jahren Abstinenzler und fühlt sich jetzt von seiner „Nervosität“ ganz wieder hergestellt. Dagegen mögen jene weiten Kreise der Bevölkerung, die sich geistig wenig anzustrengen haben, ruhig bei einem mäßigen Alkoholgenuß bleiben. Seine Unschädlichkeit in diesem Falle ist ja durch die mehrtausendjährige Geschichte der europäischen Völker erwiesen.

Sechster Vortrag.

Weinessig. Essigsprit. Holzessig. Eisessig. Holzgeist. Aceton. — Schießpulver. Griechisches Feuer. Knallquecksilber. Schießbaumwolle. Dynamit. Kollodium. Kunstseide. Sprenggelatine. Cordit. — Wolle. Baumwolle. Seide. Kunstwolle. Karbonisieren. Mercerisierte Baumwolle. Kunstseide.

Wir kommen nunmehr zum Essig.

Die Erfahrung lehrt, daß Wein oder Bier, also alkoholische Flüssigkeiten, wenn sie einige Zeit an der Luft gestanden haben, sauer werden. Sie haben ihre berauschenden Eigenschaften verloren, und schmecken jetzt so scharf, daß sie an und für sich untrinkbar sind. Die neuen Flüssigkeiten dienen aber als Zusatz zu Speisen, denen sie einen angenehm säuerlichen Geschmack erteilen.

Bei der Säuerung von alkoholhaltigen Flüssigkeiten geht der Alkohol in Essigsäure über; die entstandene Flüssigkeit nennen wir Essig. Wie wir gesehen haben, verwandelt sich der Saft der Weintrauben außerordentlich leicht in Wein; unschwer kann man diesen in sogenannten Weinessig überführen, der daher ebenfalls seit Urzeiten bekannt ist. Der Übergang des Alkohols in Essigsäure beruht auf einer Oxydation, also einer Sauerstoffzufuhr. Im Laboratorium kann man daher leicht vermittels Oxydationsmittel den Alkohol in Essig verwandeln. Der gewöhnliche Luftsauerstoff wirkt aber erst in Gegenwart eines Pilzes, der den Namen Mycoderma aceti erhalten hat, ein. Dieser findet sich, wie so viele derartige kleine Lebewesen, überall in der Luft, und wird namentlich da wirksam, wo bereits etwas Essig vorhanden ist.

So ist denn die Darstellung von Weinessig bis auf den heutigen Tag folgende: Man bringt in einen Bottich aus Eichenholz siedenden Essig, um ihn gut damit zu tränken, und füllt ihn sodann etwa zwei Drittel voll mit Wein. In dieser Höhe des Fasses befindet sich eine Reihe von Löchern, die den Luftzutritt zur Oberfläche der Flüssigkeit erleichtern. Nach etwa 14 Tagen ist sie völlig in Essig übergegangen; jetzt zieht man die Hälfte davon als Verkaufsessig ab, ersetzt sie durch neuen Wein, und kann so jahrelang fortfahren, bevor es nötig wird, das Faß zu reinigen.

Bedingung ist, daß der Wein nicht mehr als etwa 10 Prozent Alkohol enthalte, sonst säuert er nicht ordentlich. Stärkere Weine müssen also mit Wasser verdünnt werden.

In gleicher Art kann man Obstweine verarbeiten und ebenso Bier. Fertiges Bier so verarbeitet gibt natürlich einen Essig mit bitterem Beigeschmack, herrührend vom Hopfenbitter, das ja bei diesem Verfahren nicht entfernt wird. In alten Zeiten hat man deshalb auch wohl Bier ohne Hopfenzusatz bereitet, welches als solches nicht trinkbar ist (siehe Seite 110), und es hernach gleich auf Essig verarbeitet.

Da es sich bei der Essigfabrikation nur um Oxydation von Alkohol handelt, kann jeder, also auch der aus Getreide oder Kartoffeln gewonnene Handelsspiritus zur Bereitung von Essig dienen. Auf diesem Wege wird der Essig heute größtenteils hergestellt. Der Handelsspiritus wird so weit verdünnt, daß er noch 10 Prozent Alkohol etwa enthält. Man kann ihn darauf nach Art des Weines in Essig überführen, der Erfolg ist aber ein sehr geringer; so leicht Wein hierbei säuert, so schwer geht dies mit dem verdünnten Spiritus.

Er wird deshalb nach einem etwas anderen Verfahren verarbeitet, welches seit dem Jahre 1820 etwa Anwendung findet. Es führt den Namen Schnellessigfabrikation.

Man füllt zu seiner Ausführung einen hohen Bottich, der einen falschen Boden hat, mit Buchenholzspänen, die sich als die geeignetsten erwiesen haben, und läßt, nachdem sie vorher

mit Essig gut getränkt worden, von oben den verdünnten Spiritus langsam darauf tröpfeln. Der Bottich hat in den Seiten reichlich Löcher, die alle so gebohrt sind, daß wohl Luft durch sie ein-, aber Flüssigkeit nicht austreten kann. Diese oxydiert nunmehr den eine sehr große Oberfläche darbietenden Alkohol zu Essigsäure. Unter dem falschen Boden sammelt sich eine essigsäurehaltige Flüssigkeit, die drei- bis viermal ein solches Faß passieren muß, bis der Alkohol oxydiert und vollständig in Essig übergegangen ist.

Der stärkste nach dieser Methode erhaltbare Essig heißt Essigsprit. Analysen ergaben z. B. für:

Essigsprit	10,30	Prozent Essigsäure
Weinessig	5,37	„ „
Weißer gewöhnlicher Essig . .	4,63	„ „
Brauner „ „ . .	3,53	„ „.

Der angeführte braune Essig könnte seine Farbe daher haben, daß er aus ungehopftem Bier oder vielleicht Rotwein bereitet ist, jetzt verdankt er aber die Färbung zumeist dem Zusatz von ein wenig Zuckercouleur (siehe Seite 78).

Nun wird heutzutage auch Essigessenz verkauft, die 50 bis 80 Prozent Essigsäure enthält und erst durch entsprechende Verdünnung den im Haushalt gebräuchlichen Essig liefert. Sie kann natürlich nach dem bisher besprochenen Verfahren überhaupt nicht gewonnen sein, da dieses ja für mehr als zehnprozentigen Alkohol und der diesem entsprechenden Menge Essigsäure gar nicht verwendbar ist.

Und diese Essigsäure stammt auch wirklich ganz wo anders her. Sie wird nämlich bei der trockenen Destillation des Holzes nebenher gewonnen. Die von uns so ausführlich besprochene trockene Destillation der Steinkohlen (das ist also die Fabrikation des Leuchtgases) liefert doch hauptsächlich Gas, eine wäßrige Flüssigkeit (Ammoniakwasser), Teer und Koks. Die entsprechenden Produkte liefert bei der trockenen Destillation auch das Holz. Nur ist Holzgas gegenüber dem Steinkohlengas nicht

konkurrenzfähig und findet deshalb kaum Anwendung. Der Holzteer findet hauptsächlich als Anstrichmittel für Flußschiffe und Holzzäune Verwendung und die wäßrige Flüssigkeit ist im Gegensatz zum basischen Ammoniakwasser sauer. Sie ist es aber gerade, zu deren Gewinnung die trockene Destillation des Holzes im allergrößten Maßstabe betrieben wird. Sie enthält nämlich die im Verhältnis zu billigem Holz recht wertvolle Essigsäure, allerdings gemischt mit einer Reihe anderer Substanzen, die zum Teil wie diese rohe Essigsäure, die Holzessig benannt wird, im praktischen Leben Verwendung finden. Der Rückstand in den Retorten ist die Holzkohle.

So wird aus der sauren Flüssigkeit außer dem Essig auch der Holzgeist gewonnen. Dieser ist in chemischer Beziehung der einfachste Alkohol (siehe Seite 22), den es geben kann. Auch er ist wie die Fuselalkohole untrinkbar und dient in England zum Denaturieren des Spiritus (siehe Seite 123). Ein anderer Bestandteil der sauren Flüssigkeit ist das Aceton. Sie enthält aber nur wenig von ihm, es wird deshalb auch auf anderem Wege dargestellt. Das Aceton dient namentlich in der Anilinfarben-Industrie zur Herstellung komplizierter Körper, spielt aber auch als Lösungsmittel eine Rolle. Als solchem werden wir ihm noch bei der Fabrikation rauchloser Pulver wieder begegnen.

Uns interessiert an dieser Stelle jedoch hauptsächlich die Essigsäure. Als Holzessig sieht sie, durch teerige Substanzen gefärbt, braun aus. Ihre umständliche Reinigung auf chemischem Wege ist zu kompliziert, um hier auseinandergesetzt werden zu können. Sie wird so geleitet, daß man die rohe Säure sogleich in absolute, also wasserfreie Essigsäure verwandelt. In diesem Zustande ist sie äußerlich vom gewöhnlichen Essig nicht zu unterscheiden, denn sie ist wie dieser eine wasserklare Flüssigkeit, aber von allerschärfstem Essiggeruch. Auch hat sie die Eigenschaft bei niedriger Temperatur zu einer Masse zu erstarren, die dem Eis sehr ähnlich sieht, jedoch erst bei + 17 Grad wieder schmilzt. In Rücksicht auf dieses Verhalten führt sie den ganz überflüssigen, etwas geheimnisvoll klingenden Namen „Eisessig“.

Zur Hälfte mit Wasser verdünnt, heißt sie also im gewöhnlichen Leben Essigessenz.

Hiermit haben wir die Nahrungs- und Genußmittel in ihren Beziehungen zum menschlichen Leben genügend erörtert und gehen nun zu anderem über, das zu seinem Verständnis chemische Kenntnisse erfordert.

Wir haben den Salpeter (siehe Seite 55) seiner Zeit erwähnt, als wir die der Neuzeit angehörige Verwendung des Natronsalpeters in der Landwirtschaft kennen lernten. Ganz anders verhält es sich mit dem ihm chemisch so nahestehenden Kalisalpeter.

Der Kalisalpeter bildet die Grundlage aller älteren Sorten Schießpulver, die durch die rauchlosen Pulver seit dem Jahre 1886 anfangen verdrängt zu werden. Wir wollen nunmehr unserer früher ausgesprochenen Absicht gemäß (siehe Seite 55) die Explosivstoffe näher kennen lernen, und uns hierzu ins Gedächtnis zurückrufen, daß Salpetersäure ein Oxydationsprodukt des Stickstoffs, also eine sauerstoffreiche Verbindung ist.

Der Kalisalpeter, der auch salpetersaures Kali genannt werden kann, ist das Salz, welches durch Vereinigung von Salpetersäure mit der Base Kali entsteht. Läßt man nun Salpetersäure statt auf Kali oder ähnliche Basen auf Substanzen, wie Cellulose[1]) einwirken, so kommt auch hier zwischen derartigen Körpern eine Verbindung zustande, indem die in der Salpetersäure enthaltene Nitrogruppe[2]) in die Cellulose eintritt. Die so gewonnene Nitrocellulose und ihr ähnliche Körper bilden, wie wir sehen werden, die Grundlage aller neueren Sprengmittel und rauchlosen Pulver. Die Nitrogruppe ihrerseits besteht aus einem Atom Stickstoff und zwei Atomen Sauerstoff.

Die Verbindung des Stickstoffs mit Sauerstoff, die an Kali gebunden in Form von Salpeter schon im alten Schießpulver steckte, ist also in Form der „Nitrogruppe“ auch der ausschlag-

---

1) Das Genauere über Cellulose lernen wir später bei der Papierfabrikation kennen.

2) Der Name Nitrogruppe stammt von Nitrum, der lateinischen Bezeichnung für Salpeter, her.



gebende Bestandteil aller modernen rauchlosen Pulver, und ist hierfür, trotz unendlicher Mühe, bisher kein gleichwertiger oder besserer Ersatz zu finden gewesen, so daß diese Gruppe nach wie vor, also von der Erfindung des Schießpulvers an bis auf den heutigen Tag, das Gebiet der Explosionstechnik beherrscht.

Da die Griechen und Römer des klassischen Altertums den Salpeter nicht kannten, kannten sie auch keine pulverähnlichen Mischungen. Er scheint zuerst im fünften Jahrhundert aus dem fernen Osten, also aus Indien oder China, nach Byzanz, der Hauptstadt des griechischen Kaisertums, gekommen zu sein.

Im Arsenal zu Byzanz hat man herausgefunden, daß wenn man Salpeter verbrennlichen Körpern zusetzt, er sie in solchem Grade brennbar macht, daß das Feuer gar nicht mehr vor dem vollständigen Abbrennen der Mischung zu löschen ist. Diese seine Kraft beruht auf seinem sehr hohen Gehalte an Sauerstoff, welcher 47,5 Prozent beträgt, so daß also dieses für alle Verbrennungen wichtigste Element durch ihn geradezu in fester Form in solche Gemische hineingebracht wird.

Auch fand man schon in Byzanz, daß die für das Brennen geeignetste Mischung aus Salpeter, Kohle und Schwefel hergestellt wird. Ein derartiges Gemisch war das „griechische Feuer“, in dessen Besitz die Stadt sich lange Zeit aller ihrer Feinde erwehrte. Mit seiner Hilfe verbrannten ihre Bewohner im siebenten Jahrhundert zahlreiche Schiffe der Flotten der Araber, so daß diese schließlich von ihrer Eroberung Abstand nahmen. Dagegen konnten die Bewohner des äußersten Westens Europas, die dieses Verteidigungsmittel nicht kannten, den Arabern bekanntlich nicht widerstehen. Hier gingen dieselben 711 nach Spanien hinüber und wurden auf viele Jahrhunderte Herren fast des ganzen Landes, das sie in ein mohammedanisches Reich verwandelten. Und noch im 10. Jahrhundert schlug Byzanz wiederum mit Hilfe des griechischen Feuers die so bedrohlichen Angriffe der Bulgaren ab.

So ist das griechische Feuer seit seiner Erfindung von ausschlaggebendem Einfluß auf die Gestaltung der Weltgeschichte gewesen, und dieser Einfluß ist ihm in seiner weiteren Aus-

bildung, die wir Schießpulver nennen, im Laufe der Zeit in immer stärkerem Maße zugefallen.

Eine sehr merkwürdige Tatsache ist, daß die Bewahrung der geheimnisvollen Zusammensetzung des griechischen Feuers, nach dessen Aufklärung doch sicher alle je damit in Berührung kommenden Feinde strebten, den Byzantinern etwa 500 bis 600 Jahre lang möglich war. Für uns ist das eigentlich kaum verständlich. Denn wir können uns doch nicht vorstellen, daß eine Erfindung von größter Wichtigkeit vor einem entsprechend langen Zeitabschnitt — also noch 100 Jahre etwa vor der Entdeckung Amerikas — gemacht wäre, und daß es der betreffenden Stadt, die im Besitze des Geheimnisses sich befände, hätte gelingen können, dieses Geheimnis bis in unsere Zeit zu bewahren.

Die ältesten schriftlichen Mitteilungen über die Zusammensetzung des griechischen Feuers finden wir erst bei dem byzantinischen Schriftsteller Marcus Graecus, der um 1200 gelebt und ein Buch verfaßt hat, von dem eine lateinische Übersetzung auf uns gekommen ist, deren Titel lautet: „liber ignium ad comburendos hostes“ oder deutsch: „Buch von den Feuern, mit denen man Feinde verbrennen kann“. Die Verhältnisse liegen aber nicht so, als ob Marcus Graecus erst der damaligen Welt das Geheimnis des griechischen Feuers verraten hätte, vielmehr scheint die Kenntnis desselben durch mündliche Überlieferung um jene Zeit schon nicht mehr auf Byzanz allein beschränkt gewesen zu sein.

Auch in diesem Buche ist vom griechischen Feuer immer nur als von einer stark brennenden Mischung die Rede, obgleich Mischungen, die er empfiehlt, merkwürdigerweise schon z. B. dem ehemaligen preußischen Militärpulver recht nahe stehen.

Satz für griechisches Feuer nach Marcus Graecus	Militärpulver im Jahre 1886
11 Prozent Schwefel	10 Prozent Schwefel
22 „ Kohle	16 „ Kohle
67 „ Salpeter	74 „ Salpeter.

Wann und wo man zuerst jene geheimnisvolle fortschleudernde Kraft an diesem Gemisch entdeckt hat, die wir als Explosions-

kraft bezeichnen, und der keine sonstige Kraftentwickelung, abgesehen von den Naturkräften selbst, an die Seite gestellt werden kann, wird immer unbekannt bleiben. Nachdem sie aber einmal entdeckt war, was jedenfalls erst nach den Zeiten des Marcus Graecus gewesen ist, hat man ihre passende Ausnutzung für Zwecke des Krieges bald herausgefunden. Zu Florenz goß man 1326 die ersten metallenen Kanonen, die man mit eisernen Kugeln lud. Bei Schilderungen von Schlachten und Belagerungen finden wir bald danach die Anzahl der zur Verwendung gekommenen Geschütze aufgezählt. Weit langsamer ging es mit deren Verkleinerung zu Handfeuerwaffen. Um 1500 herum standen die Schützen noch 37 Glieder tief. Das erneute Laden der Waffe erforderte nämlich so viel Zeit, daß der nach Abgabe seines Schusses nach rückwärts laufende Schütze erst nach 36 Schüssen anderer wiederum mit dem Laden fertig war. Erst zur Zeit Friedrichs des Großen waren die Flinten so weit vervollkommnet, daß seitdem die Entscheidung der Schlachten zumeist durch das Gewehrfeuer der Infanterie herbeigeführt wird.

Hatte der Weg der Pfeile im menschlichen Körper sich leicht verfolgen lassen, so war das bei den Kugeln durchaus nicht der Fall; ihr Herausschneiden erforderte ganz andere anatomische Kenntnisse. Mit dem Aufkommen der Feuerwaffen begannen daher die Chirurgen sich erst ernstlich mit der bis dahin ganz vernachlässigten Anatomie des menschlichen Körpers zu befassen (siehe die Anmerkung im letzten Vortrage). Daraus erklärt es sich, daß jahrhundertelang an den Universitäten der Professor der Anatomie gleichzeitig Professor der Chirurgie war. Also auch auf medizinischem Gebiete hat das Schießpulver eine vollständige Umwälzung herbeigeführt, indem es endlich zur ernstlichen Beschäftigung mit der Grundlage alles medizinischen Wissens, zur Pflege der Anatomie, zwang.

Die Verwendung des Pulvers als Sprengmittel für die friedlichen Zwecke des Bergbaues kam viel später als die für Kriegszwecke auf, nämlich erst um das Jahr 1627. Hammer und Meißel einerseits und andererseits das Feuersetzen waren bis dahin die allein dem Menschen beim Bergbau im harten Gestein

zur Verfügung stehenden Mittel. Mittels des Feuersetzens erhitzte man gar zu hartes Gestein, begoß es darauf mit Wasser und machte es auf die Art mürbe und der Behandlung mit Hammer und Meißel leichter zugängig.

Man hat natürlich im Laufe der Zeit sehr viel an der Verbesserung des Pulvers gearbeitet, aber wie die oben mitgeteilten Zusammensetzungen zeigen, waren die Erfolge der Jahrhunderte keine übermäßigen.

Dazu kam die große Bequemlichkeit der Fabrikation: man mischte die drei Ingredienzien und hatte, was man brauchte. In dieser der rein technischen Seite waren die Fortschritte namentlich des letzten Jahrhunderts allerdings sehr groß. Die Mischung derartigen Pulvers, das noch immer in großer Menge dargestellt wird, ist von einer nicht mehr zu übertreffenden Vollkommenheit, ebenso hat man hinsichtlich der Größe der Körner längst die passendsten Maße herausgefunden. Für große Geschütze z. B. wird es in sechseckige prismenförmige Stücke, die nebenstehend in halber Größe abgebildet sind, gepreßt. Dieselben haben Durchbohrungen, die ein gleichzeitiges Verbrennen des Kornes von innen und außen ermöglichen. Trotzdem geht es viel weniger rasch vor sich, als wenn feingekörntes Pulver abbrennt. Hierdurch erreicht man, daß sich die Kraft der Explosion im Rohr etwas langsamer geltend macht, und bei der großen Länge der neueren Riesengeschütze kommt sie dadurch günstiger zur Wirkung.

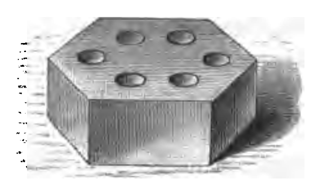


Fig. 17.

Wir haben nur einen solchen auf logischen Schlüssen beruhenden Fortschritt in der Ausnutzung des Pulvers angeführt, um zu zeigen, daß, wenn es auch durch seine Zusammensetzung an das griechische Feuer erinnert, jenes, das als Zündfackel auf die Feinde geworfen wurde, neben ihm als Spielerei erscheint.

Als Beispiel für die Leistungsfähigkeit des geformten Pulvers sei folgendes angeführt. Ein von Krupp auf der Weltausstellung

in Chicago aufgestelltes Geschütz, das mit 115 Kilo von diesem Pulver geladen war, schleuderte sein Geschoß im Gewichte von 215 Kilo 20226 Meter weit. Es gebrauchte zum Durchfliegen dieser Strecke 71 Sekunden, und erreichte auf dem Wege eine Scheitelhöhe von 6540 Meter, während der Chimborasso nur 6421 Meter hoch ist. Sechs ähnliche Geschütze wurden zum Schutze des Nordostseekanals an der Elbmündung aufgestellt.

Den Fortschritten der Chemie des letzten Jahrhunderts blieb es vorbehalten, auch hinsichtlich des Pulvers eine vollständige Umwälzung herbeizuführen. Man kannte schon lange in den Laboratorien heftig explodierende Körper, die sich aber wegen ihrer außerordentlichen Heftigkeit nicht für Waffen eignen, weil sie, bevor sie die Kugel im Rohr in Bewegung setzen,. womöglich schon das Rohr selbst sprengen.

Nur eine Verbindung fand als Hilfsmittel Eingang in die Waffentechnik, das ist das Knallquecksilber, welches schon auf einen leichten Schlag explodiert. Es diente und dient in Form von Zündhütchen sowie in den Patronen zur Entzündung des Pulvers in der Waffe, was bis um das Jahr 1840 sehr viel weniger sicher und zuverlässig, ursprünglich durch Zünder, viel später erst durch das bequemere Steinschloß bewirkt worden war. Bei letzterem lieferte ein auf einen Feuerstein schlagendes Stahlstück (siehe auch Seite 15) den nötigen Funken.

Wenn Schießpulver zur Explosion kommt, entwickelt sich sehr viel Rauch. Er rührt von dem darin enthaltenen Kalium des Salpeters her. Dies ist ein Metall, also ein durchaus beständiger Körper, der während der Explosion zumeist in schwefelsaures Kali und ähnliche Verbindungen übergeht. Diese Substanzen sind natürlich auch ihrerseits sehr beständige feste Körper und werden durch die Explosion in feinster Verteilung umhergeschleudert, bleiben daher lange in der Luft schweben und bilden so den schweren Pulverdampf.

Ganz anders nun, wenn wir etwas Schießbaumwolle anzünden, zu der wir jetzt übergehen. Sie verbrennt, wie wir sehen, momentan und ohne jede Spur von Rauch.

Und worauf beruht nun dieser gewaltige Unterschied zwischen dem alten und dem neuen Explosivstoff? Reine Baumwolle ist Cellulose und besteht aus sechs Atomen Kohlenstoff, zehn Atomen Wasserstoff und fünf Atomen Sauerstoff, hat also die Formel $C_6H_{10}O_5$ und ist daher ein Kohlenhydrat (siehe Seite 71). Behandelt man sie mit Salpetersäure, deren Wirkung man für diese Zwecke noch durch Schwefelsäure verstärkt, wendet man „Nitriersäure", wie dies Gemisch in der Technik genannt wird, an, so treten, wie schon eingangs erwähnt, Nitrogruppen in das Cellulosemolekül ein, bildet sich Schießbaumwolle. Während das alte Pulver ein möglichst gut hergerichtetes Gemisch von Substanzen ist, ist hier das Sprengmittel eine chemische Verbindung an sich. Das alte Pulver brennt ab; bei dem neuen tritt, wenn es zur Explosion gebracht wird, momentaner Zerfall des Moleküls ein. Während ein Kilogramm Pulver zu seiner Verbrennung etwa ein hundertstel Sekunde braucht, zersetzt sich ein Kilogramm Schießbaumwolle in zirka ein fünzigtausendstel Sekunde.

Bei der Verbrennung der Schießbaumwolle bildet sich aus dem Kohlenstoff Kohlensäure, aus dem Wasserstoff Wasser, wozu der Sauerstoff teils schon in der Baumwolle vorhanden ist, in genügender Menge aber erst von den Nitrogruppen — es gehen mehrere Nitrogruppen in ein Molekül Cellulose — geliefert wird. Der Stickstoff der Nitrogruppen entweicht als solcher. Wir sehen, die Explosion liefert nur Gase, nämlich Kohlensäure, Stickstoff und Wasser in Gasform. Denn bei der hohen Temperatur, bei der sie sich vollzieht, ist auch das Wasser in Gasform vorhanden. Da diese drei Gase farblos sind, kann man sie mit den Augen nicht wahrnehmen. Daher verbrennt die Schießbaumwolle rauchlos, verschwindet durch die Explosion scheinbar völlig.

Sie ist das zuerst entdeckte wirklich brauchbare neuere Sprengmittel gewesen. Viele Staaten stellten sie schon kurz nach ihrer Erfindung, die in das Jahr 1846 fällt, in großen Mengen dar. Häufig explodierten aber die aufgespeicherten Vorräte scheinbar ohne jede äußere Ursache und richteten dabei große Verheerungen an. So verlor sich für längere Zeit das Vertrauen dazu, bis man nach vielleicht dreißigjähriger Arbeit

sich so klar über die Bedingungen zur Herstellung einer haltbaren Schießbaumwolle geworden war, daß sie heute ganz gefahrlos gehandhabt werden kann.

Dazu kommt noch folgendes. Man fand schließlich heraus, daß nasse Schießbaumwolle ebenso geeignet, ja sogar noch geeigneter als ganz trockene für Explosionen ist. Mit feuchten, unter ungeheurem Druck zusammengepreßten Schießbaumwollballen werden daher jetzt die Torpedos gefüllt, deren zerstörender Kraft ja selbst die bestgeschützten Schiffe nicht widerstehen, wenn sie von ihnen getroffen werden.

Dabei ist das Hineinbringen des Explosivstoffes in die Torpedos ganz ungefährlich, denn nasse Schießbaumwolle läßt sich mit einer gewöhnlichen Flamme überhaupt nicht anzünden. Sie explodiert erst auf Initialzündung, und dies ist der Kern dieser wichtigen Entdeckung.

Initialzündung bedeutet, daß sie erst explodiert, wenn sie einen im physikalischen Sinne ungeheuer raschen Stoß erhält. Solch ein Stoß entsteht z. B. beim Explodieren von Knallquecksilber. Befindet sich also an einem mit nasser Schießbaumwolle gefüllten Torpedo ein Zünder aus diesem Material und kommt zur Explosion, so wirkt seine Stoßwelle so, daß die im Molekül der Schießbaumwolle in bestimmter Ordnung gegeneinander gelagerten Atome aus ihrer Lage gebracht werden, womit der Zerfall der Moleküle und damit die Explosion, ganz gleich ob die Schießbaumwolle naß oder trocken war, eintritt.

Lange bevor man zu dieser nicht mehr zu übertreffenden Sicherheit der Handhabung bei der Schießbaumwolle gelangt, war schon ein anderes modernes Sprengmittel für die friedlichen Zwecke des Bergbaues usw. in Aufnahme gekommen, dessen Name ebenfalls heute die Welt erfüllt, das ist das Dynamit.

Als einen Bestandteil der Fette lernten wir das Glycerin (siehe Seite 21) kennen. Bringt man dieses mit der oben erwähnten Nitriersäure zusammen, so nimmt es drei Nitrogruppen auf, wird also sehr reich an diesem für die Explosionswirkung

maßgebenden Bestandteil. Das erhaltene Produkt, das Nitroglycerin, ist, wie sein Ausgangsmaterial, eine Flüssigkeit und in dieser Form für Sprengzwecke wenig geeignet. Deshalb mischte man ihm so viel sehr feinen Sand, sogenanntes Kieselgur, zu, daß das Gemisch schließlich eine feste Masse repräsentiert. In dieser Form hat es hernach unter dem Namen Dynamit seine Sprengwirkungen geübt, und die Verbindung Deutschlands mit Italien durch den Gotthardtunnel und unzählige andere Werke des Friedens ermöglicht.

Die Ballistik hatte inzwischen auf rein rechnerischem Wege gezeigt, daß, bei Verkleinerung des Geschoßdurchmessers im Gewehr, sich mit Handfeuerwaffen weit größere Wirkungen, als bis dahin erreicht waren, würden erzielen lassen, wenn man den Geschossen nur einen stärkeren Antrieb, als ihn das alte Pulver ermöglicht, würde geben können. Damit begann die Suche nach neuen kräftigeren Pulvern für Gewehre, für die der Weg in den Nitroverbindungen gegeben war, die, wie uns jetzt verständlich ist, außerdem rauchlos ausfallen mußten.

Diesem Bedürfnis verdankte der vor einigen Jahren so viel genannte Melinit der Franzosen seinen Ursprung. Er wurde auf dem Wege erhalten, daß man auf die als Desinfektionsmittel so bekannte Karbolsäure, Nitriersäure einwirken ließ. Aus der Karbolsäure entsteht dabei, indem auch hier drei Nitrogruppen eintreten, eine Verbindung, die den Namen Pikrinsäure führt, welche ganz besonders darin der Schießbaumwolle ähnelt, daß auch sie im nassen Zustande auf Initialzündung explodiert. Genaueres über die Zumischungen zu diesem als Staatsgeheimnis fabrizierten Pulver ist nicht bekannt geworden, es soll sich aber schließlich nicht bewährt haben. Es erhielt seinen Namen davon, daß Pikrinsäure in dem geschmolzenen Zustande, in dem sie zur Fabrikation Verwendung findet, ähnlich wie Honig, der lateinisch mel heißt, aussieht. Es scheint jetzt, daß die Schießbaumwolle über die Pikrinsäure wie über alle anderen Konkurrenten für die Zwecke der modernen rauchlosen Pulverbereitung den Sieg davongetragen hat. Wenigstens scheint sie bei allen diesen

Pulvern ein Bestandteil zu sein, wenn sich das auch bei dem Geheimnis, mit dem die einzelnen Staaten ihre Fabrikation umgeben, nicht absolut sicher sagen läßt.

Was die Schießbaumwolle so ganz besonders verwendbar macht, ist ihre Eigenschaft, mit manchen Lösungsmitteln eine für die Zwecke der Pulverfabrikation geeignete Lösung zu geben, wie wir sogleich verstehen werden. So ist das uns allen so wohl bekannte Kollodium eine Auflösung von Schießbaumwolle in einem Gemisch aus Äther und Alkohol. Verdunstet das Lösungsmittel, so hinterbleibt sie als ein Häutchen, das man von beliebiger Dicke erhalten kann, und zerschneidet man dieses zu kleinen Stücken, so hat man schon ein rauchloses Pulver. Ganz so einfach, wie wir es hier dargestellt haben, liegt die Sache in der Praxis nun nicht, aber immerhin ähnlich.

Da Schießbaumwolle an sich ein für die damaligen Gewehre zu starkes Pulver gab, indem es die Gewehre zu sprengen drohte, statt die Kugel in ihnen in Bewegung zu setzen, fügte man zu ihrer Lösung indifferente Substanzen — eine Zeitlang wurde Kampfer benutzt — hinzu, und der nach dem Verdunsten dieser Mischung bleibende Rückstand war sozusagen durch Kampfer verdünnte Schießbaumwolle. Er fand nun als rauchloses Pulver Verwendung. Man sieht, daß man auf diesem einen Wege schon Pulver von beliebiger Stärke, bzw. für die verschiedensten Zwecke herstellen kann. Die neueren Gewehre ertragen aber bereits unvermischtes rauchloses Pulver.

Das allerstärkste Sprengmittel, welches ebenfalls nicht mehr für Gewehre brauchbar, wohl aber für den Bergbau geeignet ist, wird jedoch in der Art erhalten, daß man Schießbaumwolle mit Nitroglycerin übergießt. Zwar löst sie sich in letzterem nicht, sondern quillt nur auf, und das Ganze bildet eine gelatineartige Masse. Dies ist dann aber die sogenannte Sprenggelatine, das gewaltigste Sprengmittel, das wir zur Verfügung haben, dessen Kraft in ihren Grenzen durch Verwendung von viel oder wenig Schießbaumwolle abgetönt werden kann, und welches, wie wir uns nach dem Vorausgegangenen sagen müssen, wohl nicht mehr zu übertreffen ist. Denn hier wird ja nicht, wie ehemals beim

Dynamit, die Kraft des Nitroglycerins durch Zugaben, wie Sand, herabgesetzt, sondern umgekehrt noch durch Schießbaumwolle verstärkt.

Verdünnt man das Nitroglycerin, bevor man die Schießbaumwolle hineingibt, mit dem uns bereits bekannten Aceton (siehe Seite 130) und gibt in der Art, wie wir es soeben auseinandergesetzt haben, in die Flüssigkeit indifferente Zusätze zur Milderung der Explosionskraft des nach dem Verdunsten des Acetons zurückbleibenden Explosivstoffes, so kann man, nachdem der größte Teil des Acetons verdunstet ist, diesen Rückstand mit Hilfe von Maschinen in die Form langer Fäden von bestimmter Dicke bringen. Ist dann der Rest des Acetons aus diesen Fäden verdunstet, so hat man den Cordit (vom französischen corde, der Strick, her benannt), welcher als rauchloses Pulver in der englischen Armee dient. Auch dieses Pulver kann durch Zugabe von mehr oder weniger indifferenten Stoffen zur Lösung, mit deren Hilfe es dargestellt wird, in seiner Kraft beliebig variiert werden.

Damit haben wir nun das alte Schießpulver und die Gründe des Übergangs zu den modernen rauchlosen Sorten genügend erörtert.

Es sind selbstverständlich auch ungezählte Versuche in ganz anderen Richtungen unternommen worden, um zu passenden Pulvern oder Sprengmitteln zu kommen. Soviel steht aber wohl fest, daß, wie schon eingangs erwähnt, nur die Nitrogruppe für die Praxis brauchbare Resultate gibt, namentlich hinsichtlich dessen, daß die Fabrikation der Mittel nicht allzu gefährlich wird.

Geht man z. B. im Salpeter zum Ersatz seines Stickstoffatoms durch ein Chloratom über, so ist der betreffende neue Körper das chlorsaure Kali. Die Abkürzung für Stickstoff ist N, von Nitrogenium her, für Chlor dienen seine Anfangsbuchstaben Cl. Die mit Hilfe der Abkürzungen geschriebenen Formeln beider Körper zeigen so recht ihre Ähnlichkeit in chemischer Beziehung.

NO_3K	ClO_3K
Salpetersaures Kali	Chlorsaures Kali



Natürlich kann man auch das chlorsaure Kali mit Schwefel oder Kohle, bzw. mit beiden mischen. Die Mischungen sind, wie zu erwarten, außerordentlich kräftige Pulver, nur kann kein Mensch mit ihnen irgendwie sicher umgehen, da schon ein Schlag, ja ein heftiger Druck, etwas was bei einer Fabrikation im großen gar nicht zu vermeiden wäre, sie zur Explosion bringen, womit ihre Darstellung in Fabriken — sie ist selbst im Laboratorium gefährlich — ausgeschlossen ist.

So finden denn oberflächlich hergestellte Mischungen von chlorsaurem Kali und ähnlichen Verbindungen mit weiteren Zusätzen nur in der Feuerwerkerei Verwendung, die sie einfach in meist röhrenförmige Behälter schüttet, aus denen sie später herausbrennen.

Haben wir im vorangehenden erfahren, welchen Wert die Nitrocellulose für Zwecke des Krieges gewonnen hat, so können wir nicht unterlassen, auch hier gleich eine ihrer friedlichen Verwendungen anzuführen, während wir die „Kunstseide“ weiterhin finden. Im Jahre 1877 erkannte Hyatt, daß sich ein Gemisch von Kampfer und Schießbaumwolle durch Erhitzen in eine gleichmäßige hornähnliche Masse verwandelt, die sich in beliebige Formen bringen läßt, und die verschiedenartigsten sehr brauchbaren Eigenschaften zeigt. Unter dem Namen Celluloid hat das neue Material die weiteste Verbreitung gefunden. Selbstverständlich ist das Celluloid mit dem Nachteil behaftet, außerordentlich brennbar zu sein. Nun kommt man doch zur Nitrocellulose durch Behandeln von Baumwolle mit Salpetersäure und nach zahllosen Versuchen ist es Eichengrün im Jahre 1907 gelungen, die Baumwolle an Stelle von Salpetersäure so mit Essigsäure zu verbinden, daß die entstandene Acetylcellulose (acetum heißt Essig) insofern der Nitrocellulose ähnelt, als auch sie zur Herstellung einer Art von Celluloid dienen kann. Es hat den Namen Cellit erhalten. Im Gegensatz zum Celluloid ist Cellit kaum zur Entzündung zu bringen, und so wird ihm eine große Zukunft vorausgesagt.

Wir kommen nunmehr zu unserer Bekleidung. Zu dieser dienen aus tierischen und pflanzlichen Fasern hergestellte Stoffe, sowie das Leder.

Die tierischen und pflanzlichen Fasern unterscheiden sich chemisch dadurch sehr scharf voneinander, daß die ersteren Stickstoff enthalten, die letzteren nicht. Geraten tierische Fasern in Brand, so bilden sich häßlich riechende stickstoffhaltige Produkte, sie geben, wie meist gesagt wird, den Geruch nach angebranntem Horn aus, während die pflanzlichen Fasern hierbei den Geruch des angebrannten Papiers verbreiten.

Über die Fasern an sich haben wir an dieser Stelle natürlich nur wenig zu sagen. Von den tierischen kommen hauptsächlich Wolle und Seide in Betracht.

Die ersteren haben eine sehr rauhe mit vielen Vorsprüngen besetzte Oberfläche. Werden Fäden daraus hergestellt und diese Fäden, nachdem ein Teil davon als sogenannte Kette aufgespannt ist, durch das hin- und herschießende Weberschiffchen, welches den „Einschuß“ liefert, in Stoff verwandelt, so sieht derartig hergestellter Stoff nicht viel anders aus, als wenn er etwa aus starken Leinenfasern verfertigt wäre. Wird der Stoff aber jetzt angefeuchtet und kräftig durchgearbeitet, gewalkt, wie man sagt, so schieben sich die Vorsprünge der einzelnen Wollfasern, ineinander. Es tritt Verfilzung ein und der Stoff hat nach dieser Prozedur jenes Äußere, das wir an Wollstoffen wahrzunehmen gewöhnt sind. Daß er hernach noch, um eine glatte Oberfläche zu erzielen, geschoren wird usw., gehört unter die technischen Einzelheiten, auf die wir nicht einzugehen haben.

Der Seide geht die Eigenschaft des Verfilzens völlig ab, an ihr kann man deshalb auch die einzelnen Fasern im fertiggestellten Gewebe unterscheiden. Ebenso liegt es bei dem Leinen und der Baumwolle. Leinen- oder Baumwollenzeuge mögen noch so viel gewaschen werden, die einzelnen Fäden bleiben stets nebeneinander liegen und können schließlich mit der Hand durch Zupfen wieder gelöst werden.

Vom chemischen Standpunkte aus interessieren uns hier die

mercerisierte Baumwolle, die Kunstseide und die Kunstwolle weit mehr als die von der Natur gelieferten Gespinstfasern. Da die Kunstwolle am längsten von ihnen bekannt ist, wollen wir mit ihr beginnen.

Sind wollene Zeuge durch fortdauerndes Tragen für die weitere Benutzung unbrauchbar geworden, so ist doch der größte Teil der zu ihrer Herstellung verwendeten Wolle noch in ihnen vorhanden. Nur ihr Äußeres ist schlecht, sie zeigen Löcher und so weiter.

Nehmen wir gewirkte Waren nach Art der Strumpfwaren, so ist leicht einzusehen, daß wenn diese völlig wieder zerzupft werden, was mit Maschinen mühelos zu erreichen ist, sie eine zu neuem Verspinnen geeignete Wolle, die zwar nicht so gut wie ungebrauchte, aber doch sehr brauchbar ist, liefern werden.

Nun zerzupft man aber nicht nur derartige Wollwaren wieder, sondern auch die in weit größerer Masse zu habenden Überreste der abgetragenen Kleider. Um von der Maschine wieder gerissen werden zu können, müssen sie von allen Nähten befreit sein, was so geschieht, daß Arbeiterinnen diese herausschneiden. Dabei werden ganz unregelmäßige Stücke geschnittenes Tuch erhalten, die sortiert und jetzt den Maschinen zum Zerreißen übergeben werden. Auch sie liefern ihre Wolle zurück, aber diese ist, wie die Überlegung lehrt, viel kürzer in der Faser, als die oben erwähnte. Doch ist sie nichtsdestoweniger ein vorzügliches Spinnmaterial, das bei der Herstellung billigerer Stoffe, wie sie für wenig wohlhabende Kreise doch auch fabriziert werden müssen, seine durchaus passende Mitverwendung findet.

Diese Fabrikation wäre sehr bequem, wenn sie nicht mit folgendem zu kämpfen hätte. Baumwolle ist viel wohlfeiler als Wolle, und so setzt man sie mancherwärts bei der Herstellung von Wollstoffen der zu verspinnenden Wolle gleich zu, um das fertige Produkt billiger liefern zu können. Diese Art des Mischens ist aber verhältnismäßig selten, zumal Wolle und Baumwolle sich nicht gleichmäßig färben lassen, wofür wir die Ursache später kennen lernen. Meist wird so verfahren, daß die Kette des Gewebes aus Baumwollfäden hergestellt wird, während der Einschuß

Wolle ist. Beim Walken hernach verfilzt sich die Wolle genügend, um die ersteren zu verdecken. Nur an Stellen, an denen eine starke Abnutzung eintritt, wie an den Ärmelöffnungen, reibt sich die Wolle beim Tragen bald ab, und treten die scharfgedrehten unverfilzbaren Baumwollfäden wieder hervor.

Wird nun solcher Stoff nach seiner Abnutzung wieder zu Kunstwolle (auch Shoddy oder Mungo genannt) zerrissen, so wird diese baumwollhaltig. Wiederholte sich dieser Prozeß im Laufe der Jahre mit solchen Stoffen, so müßte die Kunstwolle schließlich fast unbrauchbar werden.

Um nun baumwollhaltige Kunstwolle verwertbar zu machen, wird sie durch einen „Karbonisieren“ genannten Prozeß, den ein Deutscher Namens Köber um das Jahr 1840 erfand, von ihrem Gehalt an Baumwolle befreit. Zu diesem Zwecke bringt man sie in verdünnte Schwefelsäure, an deren Stelle auch mancherwärts andere ähnlich wirkende Mittel benutzt werden. Die zur Verwendung kommenden Flüssigkeiten haben alle die Eigenschaft, die Baumwolle in der rohen Kunstwolle so stark anzugreifen, daß sie nach dem Wiedertrocknen, das bei 90° bis 95° erfolgt, fast zu Staub zerfällt, während sie die Wolle so gut wie gar nicht schädigen. Die so behandelte Kunstwolle kann also schließlich mittels Durcharbeitens mit Maschinen völlig von der ihr ursprünglich beigemischten Baumwolle befreit werden, indem diese als Staub herausfällt. Es gibt jetzt in allen Industriestaaten Kunstwollfabriken. Schon im Jahre 1880 waren nur noch 34 Prozent der in England fabrizierten Tuche aus reiner Wolle hergestellt. Die Verwendung von Kunstwolle hat aber seitdem überall weitere große Fortschritte gemacht.

Mercerisierte Baumwolle, zu der wir jetzt übergehen, unterscheidet sich von gewöhnlicher Baumwolle durch ihren seidenartigen Glanz. Ihre Gewinnung ist eine scheinbar recht einfache. Man taucht dazu Baumwolle in stark gestrecktem Zustande in Natronlauge, über die wir näheres im 8. Vortrage finden, und wäscht sie hernach wieder gut aus. Die Erfindung beruht hier auf dem starken Strecken der Baumwolle, denn ungestreckte

Baumwolle schrumpft bei dieser Behandlung zusammen und wird unbrauchbar.

Weit kunstvoller als die Herstellung der mercerisierten Baumwolle ist die der Kunstseide, welche man bescheidener auch Glanzstoff nennt. Sie besteht in der Hauptsache darin, daß man Baumwolle oder die aus ihr gewonnene Nitrocellulose, die wir von Seite 137 kennen, in einem Lösungsmittel auflöst. Als Lösungsmittel für Baumwolle dient eine Flüssigkeit, die man erhält, wenn man zu Kupferlösungen viel Ammoniak setzt, und die deshalb den Namen Kupferoxydammoniak führt. Als Lösungsmittel für Nitrocellulose dienen die uns schon von Seite 140 her bekannten Mittel. Die eine oder die andere dieser Lösungen läßt man aus einer außerordentlich feinen Spitze ausfließen, aber nicht in die Luft, sondern in eine Flüssigkeit, die die lösende Kraft der genannten Lösungsmittel sofort aufhebt. Die Baumwolle oder die Nitrocellulose müssen sich hierdurch wieder in fester Form ausscheiden, und da hat sich gezeigt, daß sich dieses Ausscheiden in Form glänzender Fäden vollzieht, die man eben deshalb Kunstseide genannt hat. Hat man Nitrocellulose verarbeitet, so ist die erhaltene Kunstseide eine Art rauchlosen Pulvers, wie wir von Seite 140 her wissen. Man muß sie deshalb nachträglich noch mit chemischen Mitteln behandeln, welche die Nitrogruppen entfernen, was keine Schwierigkeiten macht. Die Ursache für die in erstaunlichem Maße steigende Verwendung der Kunstseide ist der außerordentlich hohe, die Naturseide bei weitem übertreffende Glanz des künstlichen Produktes, welches dadurch Webeeffekte zu erzielen gestattet, die mit anderem Fasermaterial nicht zu erreichen sind. So liegt denn der Hauptwert ihrer Anwendung auf dekorativem Gebiete.

Weiter ist von Interesse, daß, wenn man auf gröbere Fäden hinarbeitet, man statt der Kunstseide besonders gute Imitationen von Menschenhaar erhält. Ebenso ist es gelungen, zu vorzüglichem, künstlichem Roßhaar zu gelangen. Zu Beginn des Jahres 1908 gab es 22 Kunstseidefabriken, davon 7 in Deutschland.

Die Natur liefert die bei weitem größte Menge der Gespinstfasern farblos, und ebenso verhält es sich mit den künstlichen Faserstoffen. Wollte man immer weiße Gewänder tragen, so wäre das in vielen Beziehungen nicht gerade bequem. Seit Urzeiten hat man deshalb Stoffe zu färben versucht und verstanden. Wir werden uns daher demnächst mit der Färberei zu beschäftigen haben.

Siebenter Vortrag.

Lohgerberei. Leder. Enthaaren und Schwellen der Häute. Gerbstoffe. Rinden Quebrachoholz. Sumach. Gerbextrakte. Sohlleder. Alaungerberei. Handschuhleder. Pelzwerk. Chromleder. Sämischgerberei. Waschleder. Pergament. — Rasenbleiche. Bläuen der Wäsche. Chlorbleiche. Chlorkalk. Antichlor. Eau de Javelle. Schweflige Säure. Wasserstoffsuperoxyd. — Färberei. Beizen. Farblacke. Substantive Farbstoffe. Teerfarben. Indigo. Alizarin. Farbpasten. Farbholzextrakte. Blauholz. Zeugdruckerei.

Wir wollen vor der Färberei noch die Zubereitung des Leders besprechen, welches uns namentlich zur Fußbekleidung dient, und sich daher passend an die Betrachtung der Bekleidungsstoffe aus Gespinstfasern anreiht, welches aber außerdem im Leben zahllose Verwendungen findet, für die es durch nichts ersetzt werden kann.

Leder ist haltbar gemachte Tierhaut, der auf dem Wege des Gerbens, so nennt man den Prozeß der Haltbarmachung, zugleich eine ihr dauernd verbleibende Geschmeidigkeit erteilt ist.

Die frische Tierhaut neigt in hohem Grade zur Fäulnis. Diese Eigenschaft verliert sie allerdings schon beim Austrocknen, aber nach dem Trocknen ist die Haut hart und brüchig, weil ihre Fasern zusammengeklebt sind. Im Gerbprozeß bringt man nun zwischen ihre Fasern den Gerbstoff. Dieser hindert das Zusammenkleben der Fasern nach dem Trocknen, und man kommt so zur gegerbten Haut, zum Leder. Seine Geschmeidigkeit erinnert jetzt je nach dem angewendeten Gerbverfahren wieder mehr oder weniger an die der lebenden Tierhaut.

Die für die Lederfabrikation bestimmten Häute müssen vor allen Dingen enthaart werden.

Die älteste für diesen Zweck gebrauchte Methode, die aber zum Teil heute noch, nach den Erfahrungen der Neuzeit verbessert, Verwendung findet, ist das sogenannte Schwitzen. Es besteht darin, die feuchten Häute eine Zeitlang sich selbst zu überlassen. Dabei tritt eine leichte Fäulnis ein, welche die Haare so weit lockert, daß sie hernach ohne viele Mühe abgeschabt werden können. Sobald dieses möglich ist, wird das Schwitzen unterbrochen. Aber auch mit Hilfe von Chemikalien kann man die Haare leicht lockern. Dazu dient seit langem der gebrannte Kalk. Löscht man ihn mit vielem Wasser (später beim Mörtel kommen wir noch auf das Löschen zurück), so erhält man die sogenannte Kalkmilch, in welche man die Häute legt. Noch wirksamer ist die Verbindung von Schwefel und Kalk, das Schwefelcalcium, oder das Schwefelnatrium, welches dem Schwefelcalcium chemisch sehr nahesteht. Letzteres wird darum jetzt speziell für die Enthaarungszwecke der Gerbereien fabriziert.

Die enthaarten Häute kommen in die sogenannte Schwellbeize. Als solche Beize kann jede sehr verdünnte Säure, z. B. Schwefelsäure dienen. In ihr schwellen die Häute allmählich bis wohl zur doppelten Dicke an, und werden dadurch für den Gerbstoff leichter durchdringbar.

Doch benutzt man von alters her meist eine andere Methode, die auf rein empirischem Wege herausgefunden worden ist. Man verschafft sich nämlich das nötige saure Bad durch die uns jetzt so wohl bekannte Milchsäuregärung. Die Resultate dieses Bades sollen immer noch besser als die mit verdünnten Säuren, von denen man natürlich die allerverschiedensten versucht hat, sein.

Zur Herrichtung des Bades übergießt man Weizenkleie mit Wasser, gibt Sauerteig zu, und läßt bei etwa 50 Grad sich die Milchsäuregärung vollziehen, neben der sich auch ein wenig andere Säuren wie Buttersäure usw. bilden. In der erkalteten Flüssigkeit schwellen dann die Häute, die hierauf den Gerbstoff der Gerbmaterialien in sich aufnehmen sollen.

Gerbstoffe, d. h. also Substanzen, die tierische Haut in Leder verwandeln, finden sich in sehr vielen Pflanzen. Sie hören z. B.

vom Gerbsäuregehalt des Tees und des Kaffees sprechen. Natürlich kommen die in solchen Pflanzen vorhandenen Gerbstoffe wegen ihres hohen Preises für die Gerberei nicht in Betracht. Das Hauptmaterial sind bis in unsere Zeit Baumrinden gewesen. Alle Baumrinden übertrifft an Gerbstoffgehalt die Eichenrinde, in zerschnittenem Zustande auch Eichenlohe oder Gerberlohe genannt.

Die Menge der Rinde im Verhältnis zum Holz ist bei der Eiche zwischen dem fünfzehnten und dreißigsten Jahre des Baumes am günstigsten. In diesem Alter schält man deshalb letztere; daher stammt der Ausdruck Schälwaldungen, wie sie noch in der Eifel, dem südlichen Deutschland, namentlich aber im südlichen Frankreich häufig sind.

Außer Eichenrinde verwendet man auch die Rinde von Tannen, Fichten, mancherwärts auch die der Walnußbäume, welche aber meist nur mit Eichenrinde gemischt benutzt werden.

Bei der Menge Leder, die jetzt gebraucht wird, hat man auch andere, namentlich auswärtige Bäume und Sträucher zum Ersatz der einheimischen Rinden mit herangezogen, denn die gerbenden Stoffe finden sich nicht allein in den Rinden, sondern auch in anderen Teilen der Pflanzen.

Von den Hölzern wollen wir nur das Quebrachoholz erwähnen, welches seit langem so viel bei uns genannt wird, weil die Absicht, es im Interesse der deutschen Schälwaldbesitzer bei seiner Einfuhr nach Deutschland mit einem Zoll zu belegen, schon öfters zu sehr lebhaften Auseinandersetzungen im Reichstage geführt hat. Diese Absicht ist jetzt Tatsache.

Das Quebrachoholz ist ein dunkelrotes, sehr hartes Holz, welches aus Argentinien in Massen exportiert und, nachdem es mit Maschinen zu kleinen Teilchen zerraspelt ist, ganz wie die Eichenlohe verwendet wird.

Weiter findet auch der Sumach viel Verwendung. Dies ist ein Pulver, welches durch Zerreiben der getrockneten jungen Triebe von im südlichen Europa wachsenden Pflanzen, die zu den Rhus-Arten gehören, gewonnen wird.

Noch weiter wollen wir auf die Aufzählung von Gerbmaterialien nicht eingehen.

Mit Eichenlohe und ihrem Ersatz gerbt man nun so, daß man sie und die geschwellten Häute abwechselnd in eine Grube gibt und die auf diese Weise vollgeschichtete Grube mit Wasser füllt. Die Gerbstoffe lösen sich allmählich im Wasser und werden von den Häuten langsam aus diesem aufgenommen. Da dicke Häute, wie sie z. B. für Sohlleder gebraucht werden, sehr viel Gerbstoff bis zu ihrer völligen Sättigung damit brauchen, müssen sie mehreremals mit neuer Lohe geschichtet werden, und so erfordert ihre vollständige Gerbung auf diesem Wege zwei Jahre und mehr; das Produkt ist dafür allerdings vorzüglich.

Natürlich sucht man das Verfahren abzukürzen. Das kann man dadurch erreichen, daß man die Extraktion der Lohe usw. mit Wasser besonders vornimmt, und erst in die so hergestellte Brühe, welche wir auch Extrakt nennen können, die Häute bringt. Nach dieser Methode gelingt es, das Leder in etwa drei Monaten fertigzustellen.

Damit sind wir nun bei den Gerbextrakten angelangt.

Seit langem kommen namentlich aus Ostindien einige solche in den Handel, die dort so bereitet werden, daß man gerbstoffreiches Holz oder gerbstoffreiche Blätter mit Wasser auskocht. Die erhaltene Lösung wird sodann zur Ersparnis an Transportkosten möglichst eingedampft; die wichtigsten von diesen konzentrierten Extrakten sind wohl der Gambir und das Catechu.

Seit dem Jahre 1882 etwa werden aber auch in Europa derartige Extrakte fabriziert, indem auch hier sich dadurch die Transportkosten sehr verringern. So kommt Eichenholzextrakt aus dem waldreichen Ungarn und Kroatien und wird Quebrachoextrakt in den Hafenstädten, nach denen das Holz von Argentinien kommt, hergestellt usw.

Diese Fabrikation wird auch hier so betrieben, daß das zerraspelte oder sonstwie zerkleinerte Material mit Wasser ausgelaugt, und die wäßrige Lösung eingedampft wird. Nur dampft man nicht im offenen, sondern im stark luftverdünnten Raume

ein, wie wir das in der Rübenzuckerindustrie bereits (siehe Seite 82) kennen gelernt haben. Bei dieser Art der Konzentration der Extrakte leiden sie gar nicht in ihrer Güte, während ihre Schädigung beim Eindampfen auf freiem Feuer nicht zu vermeiden ist.

Mit Hilfe solcher käuflichen Extrakte ist nun die Darstellung von Leder selbstverständlich viel bequemer als nach der alten Methode. Sie läßt sich aber auch in geradezu erstaunlicher Weise bei ihrer Verwendung beschleunigen. In einem deutschen Reichspatent, das im Jahre 1892 angemeldet worden ist, findet sich die Angabe, daß nach 36 Stunden selbst das dickste Sohlleder fertig gegerbt ist, wenn man geschwellte Häute mit einer Gerbebrühe, die achtmal so stark als die bisher gebräuchliche ist, durcharbeitet. Die Herstellung der Brühe ist natürlich mit Hilfe der Gerbextrakte mühelos.

Statt der ehemaligen zwei Jahre jetzt nicht einmal zwei Tage, um die geschwellte Haut in Leder zu verwandeln! und das Patent ist nicht, wie so viele, in der Praxis undurchführbar, sondern derartiges Sohlleder — für dieses scheint sich das Verfahren besonders zu eignen — ist dauernd im Handel.

Außer der bisher beschriebenen Art der Gerberei gibt es noch zwei Verfahren, die viel in Benutzung sind, das sind die Alaungerberei, welche auch Weißgerberei genannt wird, und die Sämischgerberei.

Alaun ist in chemischer Beziehung eine Doppelverbindung von schwefelsaurem Kali mit schwefelsaurer Tonerde. Bringt man eine geschwellte Haut in eine wäßrige Lösung von ihm und von Kochsalz, so wirkt hier die Tonerde ähnlich wie wir es von den Gerbstoffen sahen, sie tritt in die Haut ein und verhindert, indem sie sich zwischen den Fasern ablagert, das Hartwerden des auf diesem Wege gegerbten Materials.

Wird das erhaltene Produkt hernach mit Fett gut durchgearbeitet, so nimmt es auch dieses in sich auf, und man erhält das allerzäheste Leder, das es überhaupt gibt. Arbeitet man sehr vorsichtig, so daß die Felle keine Flecken bekommen usw.,

so erhält man bei Verwendung von Häuten junger Tiere, namentlich Ziegen und Lämmer, auf diesem Wege das Leder für Glacéhandschuhe.

Die geschwellten Häute werden hierzu mit einer Alaunbrühe, der Eidotter und etwas Mehl zugesetzt ist, gegerbt. Eidotter ist hauptsächlich Eiweiß mit Fett, welches letztere sich in ganz besonders feiner Verteilung befindet. Indem nun gerade dies feinverteilte Fett mit in die Haut eintritt, erhält sie jene außerordentliche Geschmeidigkeit, die wir vom Handschuhleder verlangen.

Die Alaun- oder Weißgerbung ist lange nicht so gut wie die mit Eichenlohe. Sie dient für jene vielen Zwecke, welche eine so vorzügliche Gerbung gar nicht erfordern. Die Minderwertigkeit dieser Gerbmethode zeigt sich namentlich bei dem Verhalten des mit Alaun hergestellten Leders gegen Wasser. Während Sohlleder doch z. B. davon, wie wir das an unseren Stiefeln oft genug zu sehen Gelegenheit haben, in keiner Weise beeinflußt wird, zieht viel Wasser die Gerbung aus dem weißgegerbten Leder fast ganz wieder heraus. Daher kommt es, daß z. B. sehr naß gewordene Handschuhe zusammenschrumpfen, indem sie sich jetzt wieder ähnlich wie eine ungegerbte Haut verhalten.

Mit Hilfe von Alaun wird auch die Gerbung von Pelzwerk erzielt. Die angewendeten Verfahren weichen ziemlich weit voneinander ab, im großen ganzen ist es aber immer eine Fett- und Alaungerbung. Man verfährt etwa so, daß man die Felle, nachdem sie unter Zuhilfenahme von Seife möglichst gereinigt sind, wieder trocknet, und die Fleischseite mit Fett einreibt. Sobald man durch Walken erreicht hat, daß möglichst viel davon aufgenommen ist, streicht man saure Kleienbeize auf, und erzielt hierdurch im Laufe von 24 Stunden eine schwache Schwellung. Nach Entfernung der Kleie bewirkt eine hinaufgegossene Alaun-Kochsalzlösung die eigentliche Gerbung.

Tonerde, also der allein für die Gerberei in Betracht kommende Bestandteil des Alauns, ist eine Base (siehe Seite 54), und so liegt es nicht allzufern, diese Base in der Gerberei durch

andere ersetzen und so zu neuen Lederarten kommen zu wollen. Eine Betrachtung der Verhältnisse durch Sachverständige lehrt, daß von solchen Basen ernstlich nur Eisenoxyd und Chromoxyd in Anwendung kommen können. Mit beiden hat man wirklich Leder hergestellt, doch nur das zweite hat sich dauernd bewährt. Das Chromleder ist weich und geschmeidig wie andere Ledersorten, hat aber vor diesen große Widerstandsfähigkeit gegen Nässe und hohe Temperatur voraus. Gerade das letztere bildet nun einen Hauptvorzug, weil es darin allen vorher bekannten Lederarten überlegen ist, und hat zur dauernden Nachfrage nach ihm geführt.

Jetzt haben wir noch die Sämisch- oder Ölgerberei zu besprechen. Auch für diese werden die Felle enthaart und geschwellt, und hernach mit Fett, namentlich Tran, eingerieben, und hierauf tüchtig gewalkt. Das Einreiben mit diesen Mitteln wird so lange wiederholt, als noch Fett resorbiert wird. Seine Aufnahme erfolgt nicht nur mechanisch, sondern es tritt auch eine chemische Umwandlung ein, die das Ende des Prozesses an einem sich alsdann entwickelnden bestimmten Geruch erkennen läßt. Ist dieser Punkt erreicht, so überläßt man die Häute in größeren Haufen einige Zeit sich selbst, wobei sie sich durch die fortgehende chemische Umsetzung erwärmen, welche Temperatursteigerung andererseits wieder den chemischen Prozeß unterstützt, unter dessen Einfluß sie sich schließlich anfangen gelb zu färben. Dabei hüllt das Fett die Fasern der Haut allmählich so ein, daß diese hernach nicht mehr zusammenkleben, wir es also mit einem wirklichen Leder zu tun haben. Andererseits ist die Bindung zwischen Fasern und Fett eine sc innige, daß selbst heißes Wasser sie nicht mehr zu lösen imstande ist, weshalb solches Leder auch geradezu Waschleder heißt. Zur Entfernung des ihm nach beginnender Gelbfärbung noch anhängenden Überschusses an Fett, welcher nicht chemisch gebunden worden ist, wird es mit Pottaschelösung durchgewaschen. Mit letzterer bildet dieser Überschuß eine Emulsion, und geht auf diesem Wege in das Wasser über.

Stumpft man in der Flüssigkeit hernach die Pottasche durch eine Säure ab, so kann das Fett nicht im Wasser emulgiert

bleiben, und schwimmt deshalb wieder oben auf. Gerade dieses Fett eignet sich erfahrungsgemäß besonders gut zum Einschmieren von lohgarem, also nach dem von uns zuerst beschriebenen Verfahren gegerbtem Leder, und ist unter dem Namen Dégras Handelsware.

Erwähnt sei, daß man auch nach dem Verfahren der Sämischgerberei Pelzwerk hergestellt.

Im Anschluß an das Leder ist noch das Pergament zu besprechen, wenn es auch eigentlich nicht hierher gehört. Pergament ist nämlich kein Leder, wofür es oft gehalten wird, sondern wird so dargestellt, daß die Felle ganz junger Tiere durch Kalk enthaart, und nun nicht gegerbt, sondern nach möglichster Reinigung, straff aufgespannt, getrocknet werden. Zur Herstellung der glatten Oberfläche, die wir am fertigen Produkt zu sehen gewohnt sind, werden sie mit Kreide bestreut und mit Bimsstein abgeschliffen. Das so erhaltene Pergament ist für Schreibzwecke zu glatt. Soll es nicht zu Büchereinbänden, Trommelfellen und ähnlichem Verwendung finden, so wird es deshalb meist mit dünner weißer Ölfarbe bestrichen, um als Schreibunterlage dienen zu können.

Wir kommen jetzt auf die Gespinstfasern zurück, indem wir noch ihr Bleichen und Färben zu besprechen haben. An letzteres sollen sich Mitteilungen über die Malerei anreihen.

Wie die Natur die Gespinstfasern liefert, sind sie größtenteils, was wir schon erwähnten, weiß oder fast weiß, wie Leinen oder Baumwolle; auch die Wolle ist zumeist kaum gefärbt usw.

Das Tragen ganz weißer Stoffe wäre aber wegen des bald nicht mehr sehr erfreulichen Äußeren derselben wenig angenehm. Auch läßt sich mit gefärbten Stoffen ein schöneres und vornehmeres Aussehen erzielen. Galt ja der Purpurmantel von jeher als die Tracht der Vornehmsten! Vollkommen weiß liefert übrigens die Natur die wenigsten Gespinstfasern, zumeist haftet ihnen ein Stich ins Gelbe an, und den sucht man durch das Bleichen in der Sonne zu entfernen. Das Sonnenlicht zieht bekanntlich die meisten

Farben, wie man zu sagen pflegt, aus, zerstört sie also, und so bringt es auch diese Gelbfärbung zum Verschwinden. Man unterstützt den Übergang des Gelb in reines Weiß noch durch das Bläuen, z. B. bei der Wäsche. Gelb und Blau sind nämlich Komplementärfarben, heben also einander auf.

Nachdem im Laufe der Zeit die Herstellung der leinenen und baumwollenen Gewebe der Tätigkeit der einzelnen Hausfrauen entzogen worden war, und der Fabrikbetrieb sich derselben bemächtigt hatte, stellte sich für diesen die Notwendigkeit sehr großer Bleichplätze heraus, eine für die Fabrikanten recht unbequeme und kostspielige Zugabe. Bei der jetzigen Ausdehnung der Fabrikation, die andererseits in gewissen Gegenden besonders lebhaft betrieben wird, wäre die Beschaffung der nötigen Bleichplätze geradezu eine Unmöglichkeit. Da hat denn die Chemie geholfen: Heute nach Entdeckung der künstlichen Bleiche werden alle leinenen und baumwollenen Gewebe innerhalb der Fabriken gebleicht. Das hauptsächlichste Bleichmittel ist der Chlorkalk.

Der wirksame Bestandteil im Chlorkalk ist das Chlor, ein im freien Zustande gelbes Gas, das ein außerordentliches Bestreben hat, sich mit anderen Substanzen zu vereinigen. Als es im letzten Viertel des achtzehnten Jahrhunderts entdeckt worden war, hielt man es nicht sogleich für ein Element, wie das heute der Fall ist, und da es noch sehr viel energischer wirkt als der Sauerstoff, das aktivste Gas, das man bis dahin kannte, wollten manche eine Art von neuem Sauerstoff darin sehen. Namentlich die französischen Chemiker sprachen viel vom nouvel oxigène.

Infolge seiner energischen Wirkung auf die verschiedenartigsten Stoffe zerstört es auch die meisten Farben, die dem Pflanzen- oder Tierreiche entstammen. Nun ist mit Gasen im Fabrikbetrieb schlecht arbeiten, und so bedient man sich zum Bleichen nicht des Chlorgases selbst, sondern jener Verbindung, die es mit Kalk eingeht, wenn es über diesen geleitet wird. Diese führt den Namen Chlorkalk, und ist zuerst 1799 von Tennant in Glasgow dargestellt worden. 1000 Kilogramm kosteten anfangs 2800 Mark, 1825 kosteten sie nur noch 540 Mark, 1870 170 Mark. Ihr Wert sank allmählich bis 100 Mark, ist aber jetzt wieder höher. Rührt

man Chlorkalk mit Wasser an, so setzen sich beim Stehen unlösliche Teile zu Boden, über welchen schließlich die klare Chlorkalklösung steht. Gibt man in diese Flüssigkeit nochmals Kalk und leitet wiederum Chlor ein, so scheidet sich „krystallisierter Chlorkalk“ aus, der seit dem Jahre 1907 Handelsprodukt, und weit stärker als der bisherige Chlorkalk ist.

Die bleichende Wirkung des Chlorkalks, oder wie wir richtiger sagen müssen, seine chemische Energie zerstört nun in kürzester Zeit die erwähnte schwachgelbe Färbung weißer Leinen- oder Baumwollgewebe ebenso vollkommen wie die Rasenbleiche. Aber damit erschöpft sich die Kraft des Chlorkalks nicht. Nach der Zerstörung der Farbe kommt die Zerstörung der Faser, die er ebenfalls angreift. Daher hat sich dieses Bleichen bei den Hausfrauen bis auf den heutigen Tag nicht einzuführen vermocht.

In den Fabriken liegt die Sache ganz anders. Sobald die Stoffe gebleicht sind, macht man dort den Überschuß des Chlors mit Antichlor unwirksam, und so geschieht der Faser nicht das geringste durch diesen Prozeß. Würden die Hausfrauen ebenfalls Antichlor anwenden und die nötige Erfahrung haben, so hätten sie keinen Grund, sich dieser bequemen Bleichmethode nicht zu bedienen.

Als Antichlor können sehr verschiedene chemische Stoffe dienen. Zumeist nimmt man unterschwefligsaures Natron. Dies Salz tut an und für sich der Wäsche nichts. Sobald es mit Chlorkalk in Berührung kommt, geht es in andere Verbindungen über, die ebenfalls für die Wäsche völlig unschädlich sind, während der Chlorkalk seinerseits beim Zusammentreffen damit in das ganz unschuldige Chlorcalcium übergeführt wird.

Aber wie oft riecht von Waschfrauen gelieferte Wäsche nach Chlor. So mißhandelte Tücher können natürlich nicht lange halten, da ihre Faser geradezu zerfressen wird. Die Verwendung von ein wenig Antichlor würde diesen Übelstand also völlig beseitigt haben.

Außer Chlorkalk ist noch das Eau de Javelle als Bleichwasser im Handel. In chemischer Beziehung ist seine Wirkung

identisch mit der des Chlorkalks, von der es sich nur dadurch unterscheidet, daß darin an Stelle von Kalk Natron vorhanden ist. Verwendet man es, und es ist ja ein ziemlich beliebtes Mittel zum Entfernen von Flecken, die also, wie wir jetzt wissen, dadurch geradezu zerstört werden, so muß man ebenfalls auf die gereinigte Stelle nachher Antichlor, also z. B. ein wenig in Wasser gelöstes unterschwefligsaures Natron gießen, weil sonst auch hier die Faser sehr leidet, und der gereinigte Stoff an Stelle der Flecken bald Löcher aufweisen wird.

Zum Bleichen von Wollstoffen kann der Chlorkalk nicht dienen, weil er sie nicht völlig bleicht, sondern nur gelb färbt. Zu ihrer Entfärbung bedient man sich deshalb der schwefligen Säure, die dieses erfahrungsgemäß bei der tierischen Faser in genügendem Maße tut, wenn sie auch kein so energisches Bleichmittel wie der Chlorkalk ist. Die schweflige Säure ist jenes scharf riechende Gas, welches sich beim Brennen des Schwefels entwickelt. Da sie im Wasser sehr löslich ist, arbeitet man damit meist so, daß man die zu bleichenden Stoffe naß in einer Kammer aufhängt, in der man Schwefel abbrennt, so daß auf diesem Wege die schweflige Säure an die nassen Stoffe gelangt. Ein besonderes Gegenmittel zur Zerstörung des Überschusses ist hier nicht nötig, weil bei diesem Verfahren doch nur sehr wenig schweflige Säure an die einzelnen Stoffe kommt.

Zum Schluß müssen wir noch eines Bleichmittels gedenken, das, wenn es auch sehr häufig erwähnt wird, die bisher genannten trotz aller darauf verwendeten Mühe in keiner Weise zu verdrängen vermochte. Dies Mittel ist das Wasserstoffsuperoxyd. Wir haben öfters gehört, daß das Wasser eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff ist, folglich kann es als Wasserstoffoxyd H_2O bezeichnet werden (siehe Seite 8). Nun gelingt es, an dasselbe mittels gewisser Verfahren noch ein zweites Sauerstoffatom heranzubringen, und dann haben wir unser Wasserstoffsuperoxyd H_2O_2.

Man erzielt damit allerdings manche Resultate, die mit Chlorkalk oder schwefliger Säure überhaupt nicht zu erreichen

sind. So bleicht es, was jene nicht vermögen, Haare, Federn und Elfenbein völlig, und hierfür findet es deshalb auch Verwendung.

Wir gehen nunmehr zum Färben der Gespinste über. Dieses zerfällt in zwei große Abschnitte, nämlich in die gleichmäßige Färbung ganzer Stoffe und in den Zeugdruck.

Das Färben ganzer Stoffe könnte am einfachsten so erfolgen, daß man die betreffenden Farben mit Leimwasser anrührt, und die Stoffe mit dieser Mischung bestreicht. Die Haltbarkeit würde aber eine sehr geringe sein, und naß werden dürfte solch ein Stoff gewiß nicht.

Während dies mehr ein Anstreichen als ein Färben ist, wird die Haltbarkeit etwas besser, wenn man die Farbstoffe in Eiweiß, wie das in der Praxis manchmal geschieht, einrührt, mit der Mischung das Gewebe bestreicht und hernach erwärmt. Indem das Eiweiß koaguliert, wird es wasserunlöslich, und die Farbstoffe sind hierdurch ziemlich gut befestigt. Reibt man solchen Stoff aber stark, so wird er sehr abfärben. Das Verfahren spielt wohl eine gewisse Rolle im Zeugdruck; ein eigentliches Färben ist es auch nicht.

Das eigentliche Färben ist nur ausführbar, wenn die Farbstoffe in gelöster Form auf die Fasern einwirken. Hierbei gibt es aber außerordentlich große Unterschiede, und zwar weil die tierischen Fasern wie Wolle und Seide sich den meisten Farbstoffen gegenüber sehr verschieden von den pflanzlichen verhalten. Von letzteren kommt hauptsächlich Baumwolle in Betracht.

Löst man einen Farbstoff, als welcher uns eines der zahlreichen Anilinrote dienen soll, in Wasser auf, und zieht durch seine Lösung Wolle und Seide, so wandert der Farbstoff allmählich aus der Flüssigkeit in die Fasern, die sich dadurch schön rot färben. Die Fasern spielen hier etwa die Rolle, wie wir sie von der Tierkohle (siehe Seite 47) als entfärbendem Mittel kennen gelernt haben. In gleicher Weise wie die Kohle gefärbten Flüssigkeiten ihren Farbstoff entziehen kann, indem sie ihn an sich reißt, vermögen auch tierische Fasern Farbstoffe aus Lösungen

aufzunehmen und dauernd festzuhalten, so daß sie hernach gefärbt erscheinen.

Legt man aber Baumwolle in die Lösung dieses Anilinrots, so sehen wir, daß der pflanzlichen Faser die Eigenschaft fehlt, den Farbstoff festhalten zu können. Waschen wir nämlich schließlich die rotgefärbte Wolle oder Seide mit noch so vielem Wasser, so behalten sie ihre Farbe, während die Baumwolle bei gleicher Behandlung wieder vollkommen entfärbt wird.

So bequem, wie wir es hier geschildert haben, ist nun aber die Woll- und Seidenfärberei durchaus nicht mit allen Farbstoffen. Auch dabei muß man häufig jenen Umweg anwenden, der in der Baumwollfärberei bis zum Jahre 1884 der einzig gangbare gewesen ist. Man muß Beizen benutzen. Was diese sind, wird uns durch folgende Auseinandersetzung am besten klar werden.

Wenn wir zu einer Lösung von Blutlaugensalz eine Eisenlösung gießen, so bekommen wir jenen wundervoll blauen Niederschlag, den man Berliner Blau nennt.

Wollen wir einen Stoff mit dieser Farbe färben, so verfahren wir sicher am besten so, daß wir ihn erst in die eine Lösung und dann in die andere tauchen. Hat er sich in der ersten Flüssigkeit mit Eisenlösung vollgesogen und bringen wir ihn sodann in die Blutlaugensalzlösung, so wird jetzt der blaue Niederschlag sich in den Fasern bilden, folglich innerhalb dieser sich befinden. Er, der im Wasser ganz unlöslich ist, wird auch durch noch so viel Wasser nicht mehr herauszubringen sein, und ebensowenig wird er abfärben. Kurzum, auf diesem Wege ist das betreffende Gespinst jetzt wirklich gefärbt.

Auf den Vorgang, wie er sich hier abspielt, kommt nun auch die Verwendung der Beizen hinaus. Will man mit ihrer Hilfe färben, so muß man das Gewebe zuerst mit einer Flüssigkeit tränken, die man eben Beize nennt. Sie ist meist farblos oder kaum gelblich gefärbt, aber dadurch kommt eine Substanz in die Faser, die mit dem eigentlichen Farbstoff hernach in der Faser die gewünschte unlösliche gefärbte Verbindung bildet. Das Wort Beize hat also in der Färberei einen etwas anderen Sinn als im

gewöhnlichen Sprachgebrauch. Es fehlt ihm hier der sonst damit verbundene Begriff des ätzenden; denn käme ihm auch hier diese Bedeutung zu, so würden ja die Beizen die Fasern zerstören oder zum wenigsten schwächen, was sie natürlich durchaus nicht tun.

Zu Beizen dient zum Beispiel sehr viel die an sich ganz farblose Tonerde. Schon in der Gerberei sahen wir (siehe Seite 152), daß sie Verbindungen mit der Faser der tierischen Haut eingeht. In gleicher Weise zeigt sie ein Vereinigungsbestreben sowohl zu tierischen wie pflanzlichen Gespinststoffen, wenn man diese durch eine passend gewählte Lösung von ihr zieht.

Da in älteren Zeiten der Alaun, welcher doch ein Doppelsalz von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Tonerde (siehe Seite 152) ist, das einzig bequem zugängliche in Wasser lösliche Tonerdesalz war, spielt er von jeher eine große Rolle in der Färberei. Er ist seit uralten Zeiten an einzelnen Stellen Europas leicht aus dort vorkommenden Erdarten zu gewinnen gewesen. Das schwefelsaure Kali darin ist für Zwecke der Färberei vollständiger Ballast, und längst hat die Chemie ihn jetzt in der Färberei durch die verschiedenartigsten wasserlöslichen billigeren Tonerdesalze ersetzt. Hat man also z. B. Baumwolle in der Tonerdelösung gebeizt, und zieht sie nunmehr etwa durch eine Alizarinrotlösung, so erhält man das Gespinst echt rot gefärbt. Denn jetzt sitzt in den Fasern das Rot an Tonerde unlöslich gebunden, ganz ähnlich, wie wir es beim Färben mit Berliner Blau von dieser Farbe sahen; daher kann das Rot durch Waschen mit Wasser nicht mehr entfernt werden.

Die Verbindungen zwischen der Beize und dem Farbstoff führen den Namen Farblack. Den Lack können wir natürlich auch ohne die Faser herstellen. Wenn wir z. B. zur geeigneten Tonerdelösung direkt Alizarinrotlösung gießen, erhalten wir ihn als roten Niederschlag. Trocknen wir so dargestellte Lacke, und reiben sie hernach mit Firnis (siehe weiterhin Seite 173) an, so haben wir Malerfarben, mit denen wir Flächen in gewünschter Weise anstreichen können.

Die Tonerde ist eine Base, und ganz wie sie läßt sich eine

große Reihe anderer Basen für Färbereizwecke verwerten. Während in der Lederfabrikation sie allein brauchbar ist (siehe Seite 154), liegt hier also die Sache ganz anders. Hier spielen die schon bei jener genannten Basen, Eisenoxyd und Chromoxyd, als Beizen wirklich eine wichtige Rolle. Aber nicht nur sie, sondern noch eine große Anzahl anderer Oxyde eignen sich zum Festhalten der Farben in der Faser. So z. B. das Zinnoxyd, das man in Form einer Lösung von Zinnchlorür oder als sogenannte Zinnkomposition verwendet.

Das Zinn ist noch heute ein nicht gerade billiges und war früher sogar ein recht kostbares Metall. Zur Zeit Heinrichs des Achten von England war sein Wert noch dem des Silbers gleich, so daß zinnerne Becher keinen geringeren Tafelschmuck als silberne bildeten. Nachdem man aber im Jahre 1640 in Holland zufällig gefunden hatte, daß mit einer Lösung von Zinn gebeizte Stoffe, wenn sie nachher mit Cochenille gefärbt werden, den schönsten Scharlach liefern, den die Welt bis dahin gesehen hatte, fing es an eine große Rolle in der Färberei zu spielen, zumal sich später herausstellte, daß es auch auf den Glanz vieler anderen Färbungen günstig einwirkt. Wenn auch seit etwa zwanzig Jahren mit Hilfe von Anilinfarbstoffen noch weit schönere Scharlachfärbungen als mit Cochenille herstellbar sind, so wird deswegen doch das Zinn seine Rolle in der Färberei behalten, weil es nun einmal ein sehr geeignetes Fixationsmittel für die verschiedenartigsten Farben ist.

Außer den in den Fasern sich niederschlagenden Metalloxyden, von denen wir die allerwichtigsten jetzt kennen gelernt haben, spielt noch das Tannin eine große Rolle als Beize. Das Tannin findet sich bis zu 50 Prozent in den Galläpfeln, die sich als krankhafte Auswüchse infolge des Stiches von Insekten auf den Eichenarten bilden. Es gibt ebenfalls mit vielen Farbstofflösungen direkt Farblacke, so daß also Stoffe, die man damit imprägniert, echt gefärbt werden können. Man kann aber auch die mit Tannin behandelten Stoffe noch durch Lösungen von Tonerde und ähnlichen Oxyden ziehen. Dann bekommt man in der Faser zunächst eine Verbindung z. B. von Tannin mit Ton-

erde. Auf diesem Doppelwege vorgebeizte Stoffe geben mit einer Unzahl von Farblösungen Lacke, die also aus Tannin, Metalloxyd und dem Farbstoff bestehen. Kurzum, gerade mit Hilfe des Tannins kann man die allermerkwürdigsten Resultate beim Färben von Gespinsten erzielen.

Wir sagten oben, daß es bis zum Jahre 1884 für Baumwolle ohne Beize brauchbare Farben gar nicht gegeben hat, und das Färben mit Beizen erfordert, so einfach es auch in der Theorie erscheint, große Übung.

Namentlich jenes berühmte Rot auf Baumwolle zu erzielen, welches als Türkischrot bezeichnet wird, ist schwer. Diese Art der Färberei ist dadurch eigentümlich ausgezeichnet, daß zur Herstellung ihrer Beize Öl verwendet werden muß. Der gebeizte Stoff wird schließlich im Alizarinbade — auf diesen Farbstoff kommen wir noch zurück — ausgefärbt. Diese Rotfärberei ist im Orient seit langem bekannt. Ihre volle Ausbildung hat sie aber erst in Europa erfahren, und haben die hier nach diesem Verfahren gefärbten Baumwollzeuge sich längst den Orient erobert. Speziell von auf diesem Wege gefärbten Tüchern werden ungeheure Mengen dort verbraucht.

So war es denn ein für diese Industrie höchst bedrohlicher Fortschritt, als im Jahre 1884 ein Rot, das Kongorot, auftauchte, welches Baumwolle direkt färbt. Will also, sagen wir eine indische Frau, ein rotes Tuch haben, so braucht sie jetzt nur etwas Kongorot in Wasser zu lösen, und das Baumwollzeug kurze Zeit darin liegen zu lassen, um es rotgefärbt wieder herauszunehmen. Wenn dieses Rot auch im Gegensatz zum Türkischrot sehr unecht ist, so hat das nicht viel zu sagen, eine Wiederholung der einfachen Färbeprozedur liefert das Tuch ja neuerdings von der begehrten roten Farbe.

Man bezeichnet nun direkt, also ohne Beizen färbende Farbstoffe als substantive. Das Kongorot ist der erste substantive Baumwollfarbstoff gewesen, ihm sind sehr bald ungezählte andere in allen Nüancen gefolgt.

In der Chemie der Teerfarbstoffe spielten als Zwischenprodukte der Fabrikation seit langem schon sogenannte Diazo-

verbindungen eine große Rolle. Körper dieser Klasse sind unglaublich reaktionsfähig, d. h. zum Eingehen neuer Verbindungen geneigt. Man war mit den Studien der praktischen Verwertbarkeit der mit ihrer Hilfe darstellbaren Farben noch an den meisten Orten beschäftigt, als anderwärts schon ein Schritt weiter gegangen wurde. Man kann nämlich Körper herstellen, die die Diazogruppe zweimal in sich haben, die also wiederum noch außerordentlich viel reaktionsfähiger als ihre immerhin nur halb so begabten Verwandten sein müssen. In der wissenschaftlichen Welt waren einzelne von ihnen lange bekannt und für rein theoretische Zwecke benutzt worden. Die Arbeiten nun, die sie (welche den Klassennamen Bisdiazo- oder auch Tetrazokörper führen), auf ihre Verwendbarkeit in technischer Beziehung untersuchten, führten zur Entdeckung der die Baumwolle direkt färbenden Farbstoffe. Seit 1898 etwa sind dann schwefelhaltige Farbstoffe von ganz ähnlichen Eigenschaften aufgekommen, die vor ihren älteren Genossen den Vorzug haben, überaus licht- und waschechte Färbungen zu geben.

Wir können uns, da uns alle Vorkenntnisse fehlen, unmöglich weiter auf das Gebiet der Teerfarbstoffe, die im Publikum auch den Namen Anilinfarben führen, wagen. Nur für den im Besitze sehr reichlicher chemischer Kenntnisse Befindlichen ist dieses Kapitel überhaupt noch verständlich. Jedoch, das sei hervorgehoben, Teerfarbstoffe in dem Sinne, wie das Publikum sie sich öfters denken mag, sind sie nicht: Jene dicke schwarze Masse, die den Namen Teer führt, kann nicht direkt auf Farben verarbeitet werden.

Sie wird für diesen Zweck zuerst destilliert, wozu wir uns eines Apparates bedienen können, wie wir ihn z. B. zur Destillation des Weines (siehe Seite 27) benutzten.

Dies tat für wissenschaftliche Zwecke als erster der deutsche Chemiker RUNGE im Jahre 1834, und seine damaligen Arbeiten bilden die Grundlage der heutigen Teerfarbenindustrie. Die erste Anilinfarbe ist durch PERKIN, einem Schüler HOFMANNS — damals Professor in London, hernach in Berlin — im Frühling des Jahres 1856 dargestellt worden, es war der rötlich-violette Farb-

stoff Mauveïn. Erhitzt man den Teer in dem eben erwähnten Destillationsapparat, so gehen, wie dort der Geist des Weines, hier im Anfang wasserhelle Öle über. Diese bilden nun schon eine der Grundlagen der Teerfarbenindustrie, dann kommen Destillate, die zum Teil beim Abkühlen wieder erstarren. Aus diesen gewinnt man die Karbolsäure, deren Entdecker ebenfalls Runge ist, weiterhin das Naphthalin und noch eine Reihe anderer Stoffe, von denen wir noch das Anthrazen, weil wir hernach auf dieses zurückkommen müssen, erwähnen wollen. In der Destillierblase hinterbleibt schließlich, wenn lange genug destilliert worden ist, eine koksähnliche Masse, die als Brennmaterial dient.

Von den Farbstoffen selbst wollen wir ausführlicher nur den Indigo und das natürliche und künstliche Krapprot besprechen.

Der seit den ältesten Zeiten bekannte blaue Farbstoff, welcher den Namen Indigo, also indische Farbe, führt, wird von jeher in Indien aus dem Safte einiger nahe miteinander verwandten Pflanzen gewonnen. Der Saft selbst ist farblos, aber beim Stehen an der Luft scheidet sich allmählich, infolge eines Oxydationsprozesses, also unter dem Einfluß des Sauerstoffs der Luft, der blaue Farbstoff daraus ab. Man bezeichnete ihn nicht mit Unrecht als den König der Farbstoffe, denn sein prächtiges Blau, das als der Typus der Reinheit galt, zeigt eine Echtheit gegen Licht und Luft, gegen Säuren und Alkalien, sowie gegen die energischste Seifenwäsche, die bei anderen Farbstoffen kaum zu finden war.

Nun gibt es in Mitteleuropa eine Pflanze, welche den Namen Waid führt, deren Saft ebenfalls beim Stehen etwas Indigo liefert, aber sehr viel weniger als jene indischen Pflanzen, nämlich nur 0,3 Prozent. Bei den mangelhaften Verbindungen mit dem Orient aber färbte man in alten Zeiten in Europa ausschließlich mit diesem aus der inländischen Pflanze gewonnenen Produkt. Da der Bedarf an dem blauen Farbstoff kein unbedeutender war, erreichte der Waidbau in manchen Gegenden eine bedeutende Ausdehnung und brachte sie zu großer Wohlhabenheit. Schon um 1300 war er speziell in der Erfurter Gegend groß. Diejenigen

Bürger, die überhaupt das Recht, Waid anzubauen, hatten, hießen Waidjunker, und noch um 1600 herum beschäftigten sich mehrere hundert thüringische Dörfer mit seiner Kultur.

Schließlich konnte sich sein Anbau gegenüber dem billigeren indischen Indigo aber nicht halten, wenn ihn auch Fürsten und Städte nicht nur durch Schutzzölle, sondern geradezu durch Einfuhrverbote zu retten versuchten. So ließen die Nürnberger lange Zeit ihre Mitbürger alljährlich einen Eid leisten, keinen ausländischen Indigo verwenden zu wollen. Es geschah somit in jener Zeit das für den Waid, was unsere heutigen extremsten Agrarier hinsichtlich des Getreides und des Einfuhrverbotes für ausländisches Vieh erstreben.

Der indische Indigo beherrschte seit den besseren Verbindungen mit dem Orient bis zum Jahre 1898 die Welt. Die Gründe, aus denen dieses seitdem nicht mehr der Fall ist, sind folgende. Erstens gibt es dem Teer entstammende blaue Farbstoffe, die es an und für sich hinsichtlich Schönheit und Echtheit mit ihm aufnehmen können, und zweitens ist seine künstliche Darstellung von v. Baeyer durch eine Reihe von bewundernswert scharfsinnigen Arbeiten im Jahre 1880 vollständig gelöst worden. Nur war die Herstellung dieses Indigo nach der nur für wissenschaftliche Zwecke ersonnenen Methode, für die ebenfalls Teerprodukte das Ausgangsmaterial sind, noch teurer, als sich das Naturprodukt stellt. Im Anschluß an jenes erste Verfahren wurden aber eine ganze Reihe anderer Methoden zu seiner Synthese, d. h. seiner künstlichen Herstellung durchgeführt, und seit Oktober 1897, nach siebzehnjähriger Weiterarbeit, ist künstlicher Indigo im Handel. So mußten sich denn die Bauern im fernen Bengalen allmählich dem Anbau anderer Gewächse zuwenden. Während 1894 Indien noch für 70 Millionen Mark Indigo lieferte, waren es 1904 nur noch 11 Millionen. Das Kilo von ihm kostete in diesem Jahre 8 Mark, während sich die Selbstkosten der Fabrikanten auf etwa 6 Mark berechneten, und der künstliche Indigo deckte bereits 85 Prozent des Weltbedarfs an diesem Farbstoff.

Die Gewinnung des Indigo aus Waid bei uns hatten also

schon vor Jahrhunderten die verbesserten Verkehrsverhältnisse zwischen Indien und Europa zum Erliegen gebracht. Die Fortschritte der Chemie auf dem Gebiete der Herstellung von Farben in den letzten vierzig Jahren haben aber die Kultur einiger anderer solcher Pflanzen nicht nur auf einem Teil, sondern auf der ganzen Erde unlohnend gemacht.

Die bekannteste dieser Pflanzen ist der Krapp, die sogenannte Färberröte, mit der man die verschiedenartigsten Farben, hauptsächlich aber ein schönes Rot herzustellen vermag. Sie wurde im ganzen südlichen Europa bis nach Baden hinein, aber ebensogut in Kleinasien und anderwärts angepflanzt. Für die Färberei braucht man ihre Wurzeln. Diese führen im Orient den Namen Alizari, woher unser Ausdruck Alizarin stammt.

In dieser Wurzel steckt eine Reihe von Farbstoffen. Obgleich man sich seit dem Jahre 1823 ernstlich mit ihrer chemischen Untersuchung beschäftigte, waren bei der Schwierigkeit des Themas die Erfolge lange Zeit nur sehr geringe. Erst im Jahre 1868 gelang es Gräbe und Liebermann, zu konstatieren, daß der Hauptfarbstoff, der den Namen Alizarin führt, im Zusammenhang mit dem Anthrazen steht, jenem Kohlenwasserstoff aus Steinkohlenteer, den wir vorhin erwähnten.

Weiter ergab sich, daß das Alizarin im chemischen Sinne ein Bioxyanthrachinon ist, und nun gelang es im Anschluß an diese rein wissenschaftliche Leistung, jenen Teerkohlenwasserstoff, also das Anthrazen in das Alizarin überzuführen.

Sofort wandte sich die Industrie der Herstellung des Farbstoffes zu. Nachdem noch unendlich viele Mühe aufgewendet worden war, weil die ursprünglich im Laboratorium für die Gewinnung des Farbstoffes gebrauchten Methoden sich wenig für die Darstellung im großen eigneten und in den Fabriken durch passendere ersetzt werden mußten, hat die Gewinnung des künstlichen Alizarins allmählich eine wohl nicht mehr zu übertreffende Vollkommenheit erreicht. Mit diesem Kunstprodukt kann das Naturprodukt hinsichtlich der Wohlfeilheit nicht konkurrieren. Infolgedessen hat also der Anbau der Krappflanze in der ganzen Welt aufgehört.

Beim Aufkommen des Verfahrens wurde daran allseitig besonders gerühmt, daß es weite, bis dahin mit Krapp bebaute Strecken Landes wiederum dem Getreidebau zurückerobert habe und so zur Vorbeugung von Hungersnöten beitrage. Doch ist das eine Anschauung über eine Nebenleistung dieser großen Errungenschaft auf chemischem Gebiete, die wir beim heutigen Getreideüberfluß, der ein fortwährendes Suchen nach neuen lohnenderen Anbauobjekten für die Landwirtschaft zur Folge hat, kaum teilen; derartig haben sich volkswirtschaftliche Grundanschauungen, die man als für alle Zeiten dauernd ansah und ansehen mußte, in den letzten vierzig Jahren geändert.

Es wurde schon erwähnt, daß man mit natürlichem Krapp, also auch mit Alizarin, eine Reihe von Farben erzeugen kann. Ihr schließliches Aussehen hängt nämlich von den Beizen ab. Mit der Tonerde- und der Zinnbeize erhält man das prächtigste Rot, Eisenbeizen erzeugen dunkelviolette Töne, die völlig in schwarz übergehen, wenn reichlich Eisen angewendet ist, Chrombeizen liefern ein Bordeauxrot usw.

Damit kann man nun sehr überraschende Wirkungen erzielen. Tränkt man z. B. ein Baumwollenzeug reihenweise mit verschiedenen Beizen, so ist nach dem Trocknen derselben, da sie alle farblos oder fast farblos sind, kaum etwas davon zu bemerken. Taucht man den so vorbereiteten Stoff aber darauf in Wasser, dem man künstliches Alizarin, eine gelblich aussehende Paste zusetzt, und kocht kurze Zeit, so zeigt jetzt das Tuch eine ganze Farbenskala. Alizarin kommt wie viele Farben als Paste, d. h. mit hohem Wassergehalt in den Handel, weil das trockene Alizarin sich so schlecht wieder im Wasser verteilt, daß diese Verteilung den Färbern große Mühe machen würde.

Zu erwähnen haben wir noch die ebenfalls unserer Zeit angehörigen Farbholzextrakte. Auch die wäßrigen Auszüge vieler, namentlich in den Tropenländern wachsenden, Hölzer, wie Campècheholz oder Pernambukholz usw., können auf gebeizten Stoffen Farben erzeugen, also in der Färberei Verwendung finden. Ersteres Holz heißt deswegen auch Blauholz, letzteres Rotholz.

Um nun an Transportkosten zu sparen, stellt man, meist in Hafenorten, auf ganz demselben Wege, den wir schon bei den Gerbstoffextrakten (Seite 151) beschrieben haben, konzentrierte Extrakte daraus dar, die die Färber sodann benutzen. Auch dafür bilden die Teerfarbstoffe eine gefährliche Konkurrenz, der sie mit der Zeit wohl erliegen werden. Sind doch, außer dem erwähnten Krapp, die Farbstoffe Cochenille, Orseille und Curcuma bereits ganz verdrängt, und gibt es jetzt schon viele so echte und schöne Tetrazofarbstoffe (siehe Seite 164), daß sie an Echtheit und Schönheit den Farbhölzern und ihren Extrakten überlegen sind.

Deutschland steht hinsichtlich der Teerfarbenfabrikation an der Spitze aller dieselben produzierenden Staaten, und die Ausfuhr deutscher Teerfarben erstreckt sich über die gesamten Länder der Welt. Sie hatte bereits 1890 einen Wert von 34,8 Millionen und war 1894 schon auf 53,2 Millionen Mark gestiegen, so daß in vier Jahren eine Steigerung des Exports um 50 Prozent stattfand. Da nun jene vier Jahre für die Textilindustrie nicht besonders günstig gewesen sind, und sie sich daher in dieser Zeit nicht viel ausgedehnt hat, können die Ursachen der gewaltigen Zunahme im Verbrauch von künstlichen Farbstoffen nur in den glänzenden Leistungen dieser Industrie gesucht werden, welche die Farben anderen Ursprungs immer mehr verdrängen.

Von Teerfarbstoffen finden zurzeit über 400 in der Färberei Verwendung, die je nach den Beizen noch sehr verschiedene Färbungen geben können. Das ist eine verschwindende Zahl gegenüber der Unsumme der überhaupt bereits dargestellten Farbstoffe dieser Art. Man sollte nun annehmen, daß mit der genannten Zahl von Farben allen Ansprüchen der Färber genügt, und das andauernde Neuerfinden von Teerfarbstoffen ziemlich überflüssig geworden ist. Damit verhält es sich jedoch so: Die neuerfundenen Farben müssen, wenn sie von den Färbern benutzt werden sollen, sich durch hervorragende Echtheit, Schönheit und auch Billigkeit auszeichnen. In diesem Falle verdrängen sie ältere Vorgänger häufig, jedoch auch diese nicht mehr vollständig. Denn für letztere haben sich mit der Zeit manche besonderen Verwendungszwecke gefunden, für die sie das neue Produkt mit

seinen abweichenden Eigenschaften nicht völlig zu ersetzen vermag, und für diese Spezialzwecke werden die älteren Produkte von den Färbern andauernd weiterverlangt.

Nun auch noch einiges über gemusterte bzw. mit Mustern bedruckte Zeuge.

Ursprünglich sind auf den Stoffen die Muster wohl direkt aufgezeichnet worden. Dann erfand man die Methode, diejenigen Stellen, die ungefärbt bleiben sollen, mit einer für die Farblösung undurchdringlichen Masse zu überziehen, die meist durch Zusammenschmelzen von Wachs und Harz hergestellt wurde, so daß, obgleich die ganzen Stücke in die Farbflotte kamen, das Zeug dennoch schließlich weiße Muster zeigte.

Hernach kam das Drucken der Muster auf, indem man diese in Holz schnitt, das Holz auf einem mit Farbe bestrichenen Tuche färbte und darauf auf dem zu bedruckenden Stoff abklatschte. Kurzum, genau das Verfahren, nach dem wir im gewöhnlichen Leben die mit Namen versehenen Farbstempel — die jetzt meist aus Kautschuk hergestellt sind — auf Papier abdrucken.

In der Zeugdruckerei ist man jedoch längst zu Maschinen übergegangen, die eine sehr große Vollkommenheit erreicht haben. So gibt es solche, die bis 16 Farben in einer Reihe selbsttätig einander folgender Operationen auf einem Stoffe gleichzeitig herzustellen gestatten.

Achter Vortrag.

Ölmalerei. Trocknende und nicht trocknende Öle. Leinöl. Firnis. Lack. Tinte. Cellulose. Papier. Leimen des Papiers. Strohstoff. Alfastoff. Natroncellulose. Sulfitcellulose. Patentwesen.

Das Anbringen von Mustern auf Zeugen, von dem wir am Schlusse des letzten Vortrages sprachen, leitet uns zur eigentlichen Malerei hinüber. Bei dieser werden die fertig hergestellten Farben mit Leimwasser z. B. angerührt, und auf die Wände aufgetragen. Diese sogenannten Wasserfarben erfüllen in zahlreichen Fällen ihren Zweck, lassen doch aber auch viel zu wünschen übrig, zumal sie nicht naß werden dürfen, ohne zu zerlaufen, also im Freien gar nicht zu verwenden sind.

In der Malerei der Wasserfarben sowohl als in der Ölmalerei, zu der wir gleich übergehen, verwendet man, im Gegensatz zur Färberei, fast niemals organische Farbstoffe, zu denen die Chemiker auch die Anilinfarbstoffe rechnen. Sie sind für die Zwecke der Malerei nicht widerstandsfähig genug gegen die Einflüsse des Lichts und des Wetters, welchem letzteren doch Ölfarben auch oft ausgesetzt werden.

Man verwendet hier fast stets anorganische Farben, die mit Hilfe des „Öles" auf ihrem Untergrunde befestigt, oder weniger elegant ausgedrückt, festgeklebt werden. Denken wir uns z. B. einen Ziegelstein aufs feinste gemahlen, so wird das erhaltene Pulver schließlich eine fast unzerstörbare rote Farbe repräsentieren; nun diese speziell ist so wenig schön, daß sie niemand verwenden wird. Aber in ähnlicher Weise werden in der Natur vorkommende gefärbte Materialen benutzt, oder werden

durch Glühen derselben bzw. durch Zusammenschmelzen verschiedener Substanzen gefärbte Massen hergestellt, die hernach auf dem gleichen Wege als Farbstoffe brauchbar gemacht werden. So färbt sich Glas, wenn man ihm Kobalt während der Fabrikation zusetzt, wie man wohl seit 400 Jahren weiß, blau. Mahlt man es hernach fein, so erhält man die „Smalte“ als eine, wie wir uns sagen können, außerordentlich beständige Farbe. Smalte ist wahrscheinlich nichts anderes als unser jetziges Wort Schmelze. Auch viele beim Zusammenbringen der Lösungen zweier Salze entstehenden Niederschläge, die im Wasser unlöslich sind, sind sehr brauchbar. So liefern Lösungen von chromsaurem Kali und essigsaurem Blei das chromsaure Blei, welches unter dem Namen Chromgelb Verwendung findet usw.

Hinsichtlich der Ölmalerei ist vor allem folgendes zu bemerken. Ölfarben können durchaus nicht mit jedem Öl hergestellt werden. Denken wir an Olivenöl, so wissen wir, daß dieses die sogenannten Fettflecke d. h. nie eintrocknende Flecke gibt; damit angeriebene Farben würden also überhaupt nicht trocknen.

Die Öle zerfallen nämlich in zwei große Klassen, in nicht trocknende und trocknende Öle.

In den nicht trocknenden, z. B. also dem Olivenöl, finden sich, wie wir das schon wissen (siehe Seite 23), hauptsächlich Ölsäure und Glycerin, und zwar dieselbe Ölsäure, die auch einen Bestandteil der tierischen Fette, wie des Rindertalges usw. bildet. Die trocknenden Öle enthalten dagegen an deren Stelle andere Säuren, die meist nach dem betreffenden Material benannt werden. So enthält das Leinöl, welches zu den trocknenden gehört, die Leinölsäure. Leinöl ist das Öl, welches man durch Auspressen der Leinsamen erhält. Samen sind, wie wir auch schon wissen (siehe Seite 68), stets sehr ölreich, und Leinsamen speziell liefern beim Kaltpressen etwa 22 Prozent davon, beim Heißpressen sogar 28 Prozent.

Beide Sorten Öle, sowohl die trocknenden wie die nicht trocknenden, sind beim längeren Stehen an der Luft nicht ganz

unveränderlich. Olivenöl und ähnliche werden ranzig, die trocknenden Öle dagegen gehen, namentlich wenn sie dünn aufgestrichen werden, in eine harte durchscheinende Masse über. Sind also Farben darin eingerührt gewesen, so sind diese nunmehr fest auf ihrer Unterlage angeklebt. Die hartgewordene Masse ist völlig trocken und färbt nicht ab. Das Ranzigwerden der nicht trocknenden Öle rührt von ihrem teilweisen Zerfall in freie Fettsäuren und Glycerin her, welchen, wie die einen meinen, die feuchte Luft allein schon veranlaßt, während andere annehmen, daß hierbei ein Bacillus mitwirkt. Das Erstarren der trocknenden Öle beruht dagegen auf einer Oxydation durch den Luftsauerstoff, durch welche die Leinölsäure und ähnliche Säuren völlig verändert, und aus dem flüssigen in den festen Zustand übergeführt werden.

Erwähnt sei, daß es Öle, wie das Baumwollensamenöl gibt, die sowohl die eigentliche als auch eine trocknende Ölsäure enthalten. Man bezeichnet sie nach ihrem jetzt leicht verständlichen Verhalten als schlecht trocknende Öle.

Sehr merkwürdig ist, daß die trocknenden Öle bedeutend rascher trocknen, wenn man ihre Oxydation künstlich einleitet, wozu man sie mit einer Substanz, die Sauerstoff abgeben kann, z. B. mit Bleioxyd, kocht. „Und mit diesem und ähnlichen Mitteln gekochtes Leinöl dient, mit der betreffenden Farbe angerieben, als Ölfarbe in der Ölmalerei.“

Mit Leinöl, dessen Oxydation auf diesem Wege eingeleitet ist, kann man natürlich, ohne daß man es seinerseits mit Farben angerieben hat, auch beliebige Flächen, sie mögen z. B. mit Wasserfarbe vorgestrichen sein oder nicht, anstreichen. Es trocknet dann zu einer durchsichtigen sehr festen glasartigen Haut ein, und solche Gegenstände bezeichnen wir als gefirnißt. Firnis ist aber ein ziemlich weiter Begriff. Im allgemeinen versteht man unter Firnis nicht gekochtes Leinöl allein, sondern die Lösung von Harzen in Leinöl oder in leicht verdunstenden Mitteln. Die mit letzteren Mitteln hergestellten Lösungen bezeichnet man aber auch als Lacke, während

man unter fetten Lacken wiederum Lösungen von Harzen in Leinöl versteht.

So dient eine Lösung von Schellack in Spiritus als Lack, der die Annehmlichkeit bietet, sehr rasch zu trocknen, weil der Spiritus sich an der Luft schnell verflüchtigt. Spirituslacke sind aber weit weniger beliebt als die durch Lösen von Harzen in Terpentinöl (siehe Seite 113) erhaltenen Lacke, weil die nach dem Verdunsten dieses Öles zurückbleibenden dünnen Überzüge viel fester haften als die, welche Spirituslacke hinterlassen.

Weit dauerhafter jedoch, als die dünnen Überzüge, welche diese Sorten von Lack liefern, sind die Anstriche, welche man bei Benutzung des gekochten Leinöls erhält, in welchem man, um einen richtigen Firnis also fetten Lack zu haben, namentlich Bernstein oder Kopal auflöst.

Der Bernstein, der bekanntlich ein fossiles Harz ist, muß für die Herstellung des Bernsteinlacks vorher geschmolzen werden, da er sich im rohen Zustande im Leinöl nicht löst. Kopal ist ebenfalls ein Harz. Er entstammt einer ganzen Reihe von Bäumen, welche in heißen Klimaten wachsen. Zum geringen Teil wird er auch an der Ostküste Afrikas aus der Erde gegraben. Die einen halten diesen Kopal für fossil, andere meinen, daß er aus den Wurzeln von Pflanzen ausgeflossen ist. Unter Harz versteht man übrigens jene an der Luft erstarrten Massen, die sich allmählich aus eigentümlichen Flüssigkeiten bilden, die freiwillig oder auf Einschnitte aus Pflanzen ausfließen.

Jetzt wollen wir noch die Färbeflüssigkeit besprechen, die mehr als jede andere gebraucht wird, das ist die Tinte. Ihr Name steht allerdings nicht ganz fest. Die einen nennen sie bekanntlich Dinte, die anderen Tinte.

Die altbewährte schwarze Tinte ist eine im Wasser suspendierte Verbindung von gallusgerbsaurem Eisen. Sie wurde so erhalten, daß man zu einem wäßrigen Auszuge von Galläpfeln (siehe Seite 162) eine Lösung von Eisenvitriol goß. Um den tiefschwarzen Niederschlag besser suspendiert zu erhalten, und um die Tinte konsistenter zu bekommen, setzt man derselben von

jeher etwas Gummilösung zu. Heute erzielt man ein schöner aussehendes Schwarz dadurch, daß man mit den Galläpfeln zugleich ein wenig Blauholz (siehe Seite 168) extrahiert, und nun erst die Eisenvitriol- und die Gummilösung zugefügt.

Mit Hilfe der wasserlöslichen Anilinfarben ist aber jetzt auch die Tintenbereitung sehr viel bequemer geworden als früher. Für schwarze Tinte löst man das sogenannte Anilinschwarz oder auch Indulinschwarz in Wasser. Rote Tinte erhält man durch Lösen von Fuchsin; von noch schönerer Farbe liefert sie das Eosin (Eos die Morgenröte). Die so beliebte violette Tinte erhält man durch Auflösen von einem Teil Anilinviolett in 300 Teilen Wasser, Zusatz von etwas Gummilösung usw.

Die Kopiertinten unterscheiden sich von den gewöhnlichen Tinten nur dadurch, daß man ihnen reichlicher Gummi und auch Zucker zusetzt; dadurch bleibt beim Schreiben so viel davon am Papier haften, daß in der Kopierpresse ein lesbarer Abdruck der Schrift hergestellt werden kann.

Wir wollen auch nicht die sogenannten sympathetischen Tinten mit Stillschweigen übergehen, die allerdings mehr in Romanen als in der Wirklichkeit eine phantastische Rolle spielen.

Schreibt man z. B. mit einer Lösung von Blutlaugensalz auf Papier, so ist, weil diese nur ganz schwach gelb gefärbt ist, nach dem Trockenwerden nichts davon zu bemerken. Überfährt der Eingeweihte aber hernach den Bogen mit einem Pinsel, den er in verdünnte Eisenchloridlösung getaucht hat, so tritt die Schrift blau hervor, indem sich jetzt aus den beiden Ingredienzien Berlinerblau (siehe Seite 160) bildet. Auf diesem Wege kann man bei passender Auswahl der Flüssigkeiten, die beide an sich nicht oder kaum gefärbt sein dürfen, aber miteinander dunkle Niederschläge erzeugen, die Schrift in fast beliebigen Farben erscheinen lassen.

Die wahre sympathetische Tinte soll aber etwas noch Geheimnisvolleres haben. Während hier die Schrift, nachdem sie einmal entwickelt ist, dauernd bestehen bleibt, soll sie dort

wieder verschwinden, sobald der Empfänger das Schriftstück, z. B. einen Brief, gelesen hat.

Diese Tinte besteht für gewöhnlich aus einer Lösung von Kobaltchlorür oder von Kupferchlorid. Die Lösung des ersteren ist kaum gefärbt und damit hergestellte Schrift ist auf der weißen Unterlage nicht mehr wahrzunehmen. Erwärmt man aber das beschriebene Papier, so gibt die Verbindung Wasser, welches sie bis dahin chemisch festgehalten hat, ab, und geht in das stark blau gefärbte wasserfreie Kobaltchlorür über, so daß jetzt die Schriftzüge leicht lesbar sind. Nach dem Abkühlen verschwinden sie allmählich, indem das Salz aus der Feuchtigkeit der Luft von neuem so viel Wasser anzieht, daß wieder die farblose wasserhaltige Verbindung entsteht.

Schreibt man mit einer Kupferchloridlösung, die nur sehr schwach bläulich gefärbt ist, und erwärmt hernach das Papier, so treten die Schriftzeichen mit gelbbrauner Farbe hervor, um, aus dem eben kennengelernten Grunde, indem also das gelbbraune wasserfreie Kupferchlorid durch Wasseraufnahme wieder in das fast farblose Salz übergeht, auch hier nach dem Abkühlen allmählich wieder zu verschwinden.

Einer unauslöschlichen Tinte werden wir bei der Besprechung der Photographie begegnen.

Wir gehen nunmehr zum Papier über.

Nachdem in den ältesten Zeiten nur auf von der Natur gegebenen Gegenständen, wie Steinen, Hölzern, Häuten geschrieben worden war, erfanden die Ägypter sehr früh schon die Herstellung des Papiers aus der Papyrusstaude. Die Stengel dieser Pflanze wurden in möglichst dünne und breite Blättchen geschnitten, die man nebeneinander legte. Eine zweite Lage wurde quer zur ersten hinübergelegt und das Ganze kam unter eine Presse, unter der es zu einem Blatt zusammentrocknete. Dieses wurde möglichst glatt gerieben, und diente hierauf zum Schreiben. Außer diesem Schreibmaterial hatten das Altertum und das frühe Mittelalter noch das Pergament (siehe Seite 155) zur Ver-

fügung, bis im achten Jahrhundert schon aus leinenen Lumpen das hergestellt wurde, was wir heute als Papier bezeichnen.

Mit die ältesten in Europa auf Papier geschriebenen Urkunden sind päpstliche Bullen aus dem achten und neunten Jahrhundert. Das Papier dazu scheinen die spanischen Sarazenen geliefert zu haben, wie denn überhaupt die allerälteste bekannte auf Leinenpapier geschriebene Urkunde ein zwischen Kastilien und Arragonien geschlossener Friedensvertrag ist.

Unser jetziges Papier, von dem weit mehr zum Drucken als zum Schreiben verbraucht wird, besteht aus einer dünnen Schicht von stark verfilzten Fasern, welche dem Pflanzenreich entstammen, während die des Tierreichs sich für die Papierfabrikation nicht eignen, weil sie ein zu weiches an Tuch erinnerndes Produkt liefern.

Um Papier genügend billig herstellen zu können, hat man von jeher das geeignete Fasermaterial nicht direkt, wie es die Pflanzen liefern, zu seiner Fabrikation gebraucht, sondern die von den Pflanzen gelieferten Fasern, nachdem sie als Leinen- und Baumwollzeuge infolge der Abnutzung unbrauchbar geworden waren, als Lumpen verwendet.

Alle pflanzlichen Fasern bestehen aus Cellulose, welche kurze Fäserchen bildet, nebst den diese Fäserchen zusammenklebenden — wie man sich ausdrückt sie inkrustierenden — Substanzen. Die reine Cellulose ist ein Kohlenhydrat (siehe Seite 71). Sie besteht aus sechs Kohlenstoffatomen, zehn Wasserstoffatomen, fünf Sauerstoffatomen. Die Anzahl der Atome darin ist also die gleiche wie im Stärkemehl.

Ursprünglich war die Papierfabrikation folgende. Man ließ nasse Lumpen zwei bis drei Tage faulen, worauf sich die die Cellulose inkrustierenden Substanzen so weit gelöst hatten, daß, wenn die so behandelten Lumpen nunmehr unter Zugabe von vielem Wasser gestampft wurden, die Fäserchen der Cellulose als solche hervortraten. Hierauf wurde der so erhaltene Brei auf ein feines Sieb geschöpft, das der Arbeiter gleichzeitig hin und her schüttelte. Durch die Löcher desselben lief der größte Teil

des Wassers ab, und es hinterblieb darauf, indem sich die einzelnen Fäserchen der Cellulose ineinandergeschoben hatten, eine dünne verfilzte Schicht. Diese brachte ein zweiter Arbeiter sogleich auf ein dickes Tuch und deckte sie auch mit einem solchen zu. Hatte er eine passende Anzahl davon aufgestapelt, so kam das Ganze unter eine Presse, um möglichst viel Wasser zu entfernen. Zugleich wurde dadurch die Festigkeit der einzelnen Papierbogen erhöht. Hernach wurden sie aus den Tüchern wieder herausgenommen und völlig getrocknet.

So erhaltenes Papier hat eine schwammige Beschaffenheit nach Art des Löschpapiers. Es kann wohl als Druck- und Packpapier dienen, aber man kann darauf nicht schreiben, weil die Fäserchen die Tinte aufsaugen und verteilen, wodurch ein Verlaufen der Schrift eintritt. Auch ist solches Papier trotz des Pressens sehr wenig haltbar.

Um ihm eine größere Festigkeit zu erteilen und seine Kapillarität, also sein Aufsaugevermögen, aufzuheben, wird es deshalb geleimt, wie der Ausdruck lautet, der den Vorgang nicht ganz richtig bezeichnet; denn Leim einfach dem so wasserreichen Papierbrei zugesetzt, müßte ja im Wasser gelöst bleiben, und nur ein unbedeutender Rest davon könnte im schließlichen Papier zur Wirkung kommen.

Setzt man außer Leim dem Papierbrei aber noch Alaun zu, so ändert sich das. Wir haben schon sowohl in der Gerberei wie in der Färberei die Verwandtschaft der im Alaun enthaltenen Tonerde zur Faser kennen gelernt. Hier macht sich nun wieder das gleiche Verhältnis geltend. Die Faser hält Tonerde fest, und diese ihrerseits bindet den Leim.

Kommt also der Papierbrei, nachdem diese beiden Substanzen ihm zugesetzt sind, auf das Sieb, so läuft das Wasser nach wie vor ab, aber in den Fäserchen steckt der durch die Tonerde festgehaltene Leim, und trocknet man solches Papier, so verkleben die Fäserchen miteinander. Jetzt kann man darauf auch schreiben, indem die Fasern ihre Kapillarität verloren haben. Die darin steckende wasserunlösliche Leimung macht es nun auch gegen das Naßwerden unempfindlicher.

Die Oberfläche des mit der Hand auf dem Siebe hergestellten Produktes kann nie sehr eben sein, und so muß alles Handpapier, um schön auszusehen, nachträglich geglättet werden. Zu dem Zweck preßt man es entweder feucht zwischen glatten Flächen, oder man satiniert es, wie der Ausdruck dafür lautet, indem man es zwischen zwei aufs beste polierte Walzen hindurchgehen läßt, deren tadellos glatte Oberfläche sich dabei auf das Papier überträgt.

Allmählich ist es gelungen, die Handarbeit völlig durch Maschinen zu ersetzen. Während früher der einzelne Bogen nur so groß sein konnte als das größte Sieb, mit dem ein Arbeiter noch hantieren kann, liefern diese Maschinen das Papier von bedeutender Breite, und hinsichtlich der Länge ist man bei ihnen überhaupt nicht beschränkt.

Um die Lumpen in Papierbrei zu verwandeln, stampft man sie auch heute nicht mehr nach kurzem Faulen, sondern, nachdem man die die Cellulose inkrustierenden Substanzen durch Kochen mit einem starken Alkali, als welches Natronlauge (diese lernen wir bei Besprechung der Seifenindustrie noch näher kennen) dient, möglichst gelöst hat, kommen sie in einen länglichen Trog, in dem sich eine mit Messern besetzte Walze dreht. Im Boden des Troges sind in passender Stellung zu diesen Messern, ebenfalls solche eingelassen. Man bezeichnet einen derartigen Apparat als Holländer, und indem darin die Walze durch mechanische Kraft gedreht wird, werden die gekochten Lumpen allmählich völlig zerkleinert und mit dem Wasser zu einem Brei vermahlen.

Der Brei wird mit Chlorkalk gebleicht und durch Antichlor (siehe Seite 157) jede schädigende Wirkung des Bleichmittels aufgehoben. Hierauf wird die Leimung vorgenommen. Aber für die Herstellung des Maschinenpapiers kommt eigentlicher Leim gar nicht mehr zur Verwendung. Man löst vielmehr geeignete Harze, wie Kolophonium, durch Kochen mit Natronlauge in Wasser als harzsaures Natron, und setzt die Lösung sowie den Alaun dem Brei zu. Die Tonerde des Alauns wird auch hier von der Cellulose festgehalten. Sie bindet wiederum die

Harzbestandteile, die die Fasern im Papier zusammenkleben und es für Schreibzwecke brauchbar machen.

Der nunmehr für die Papierbildung völlig fertiggestellte Brei läuft, da durch reichlichen Wasserzusatz für die notwendige Dünnflüssigkeit gesorgt ist, auf ein sogenanntes endloses sich ununterbrochen vorwärts bewegendes Sieb aus feinem Messingdraht, das ein in sich zurückkehrendes Ganzes bildet, welches Walzen fortdauernd in Bewegung halten. Seine gleichzeitig schüttelnde Bewegung sorgt für die Verfilzung der Fäserchen. Etwaige in das Sieb eingewebte Zeichnungen kommen hernach als Wasserzeichen im fertigen Papier zum Vorschein. Der Papierbrei, der auf dem Sieb den größten Teil seines Wassers bereits hat ablaufen lassen, wird vom Sieb vermittels eines Filztuches abgenommen. Sehr bald kommt ein zweites ebenfalls in Bewegung befindliches Filztuch heran, und zwischen diesen beiden wird er durch ein Walzenpaar gepreßt und möglichst entwässert. Von den Walzen wandert er auf einen polierten geheizten Cylinder, auf dem er, während er trocknet, zugleich eine völlig glatte Oberfläche erhält. Ein zweiter Cylinder, über den er kommt, sorgt dafür, daß auch die Gegenseite ein ebenso schönes Aussehen annimmt. Das jetzt fertige Papier wickelt die Maschine in Rollenform auf.

Der ungeheure Bedarf an Papier ist mit Hilfe von Lumpen schon lange nicht mehr recht zu decken gewesen. In unserer Zeit wäre das namentlich in Rücksicht auf die vielen Zeitungen undenkbar, indem der einzelne Mensch doch bei weitem nicht so viel an leinenen oder baumwollenen Abfällen liefert, als der Verbrauch an Cellulose auf seinen Kopf, sei es für Schreib-, sei es für Zeitungspapier, beträgt. Daraus erklärt sich, daß um das Jahr 1780 in manchen Ländern, z. B. in Preußen unter Friedrich dem Großen geradezu Ausfuhrzölle auf Lumpen erhoben wurden, um den inländischen Papierfabriken die Versorgung mit diesem für sie unentbehrlichen Rohmaterial zu erleichtern.

Aber eine solche Maßregel trägt doch zur Vermehrung der Lumpen an sich nichts bei. So begann man infolge der fortwährend

wachsenden Schwierigkeit, sie in genügender Menge zu beschaffen, eifrig nach einem passenden Ersatz dafür in der Papierindustrie zu suchen. Darin hat denn unsere Zeit unter Ausnutzung der vermehrten chemischen Kenntnisse solche Fortschritte gemacht, daß es heute viele Papierfabriken gibt, in die Lumpen überhaupt nicht mehr kommen. Wenn, wie in früheren Zeiten, auch teilweise gegenwärtig noch das Publikum Papieren, die nicht aus Lumpen hergestellt sind, abgeneigt ist, weil sie ehemals wirklich sehr schlecht waren, so ist heute die Cellulosebereitung, namentlich aus Holz, wie wir sehen werden, so weit ausgebildet, daß sie nicht mehr, wie zur Zeit, als diese Industrie noch in ihren Kinderschuhen steckte, ein Surrogat, sondern gegenwärtig einen wirklichen Ersatz für Lumpen liefert.

Die Überlegung lehrt, daß so gut wie z. B. die Leinpflanze, die doch das Rohmaterial für die leinenen Lumpen und damit für das Papier ist, Cellulose in ihrem Stengel enthält, sich diese auch in der Unzahl anderer Pflanzen finden wird. Aber auch hier gilt, was wir schon beim Stärkemehl (siehe Seite 72) erfuhren, wenn auch die chemische Zusammensetzung der in den Pflanzen vorkommenden Cellulosen die gleiche ist, die physikalischen Eigenschaften können trotzdem sehr verschieden sein. So gibt Stroh, passend zerkocht, eine zur Papierherstellung brauchbare Cellulose. Sehr geeignet erwies sich weiter z. B. die Cellulose, die das Alfagras liefert, eine Pflanzenart, die in Nordafrika speziell Algier in größten Mengen wild wächst. Die beiden genannten Rohmaterialien liefern allerdings bei weitem keinen so guten Stoff für die Papierfabrikation wie die leinenen Lumpen.

Weiter muß man sich doch sagen, daß schließlich jede groß gewordene Pflanze, also jeder Baum bezw. jedes Holz Cellulose enthalten muß. Mit der Verarbeitung von Hölzern zu Papier hat man gegenwärtig wirklich nicht mehr zu übertreffende Resultate erzielt.

Schon im Jahre 1765 hat der Regensburger Prediger Schäffer empfohlen, zerfasertes Holz als Papierstoff zu verwenden. Betrachtungen über die Bildung der Wespennester sollen ihn auf

den Gedanken gebracht haben, die Lumpenfaser durch Holzfaser zu ersetzen. Doch dauerte die Übertragung seiner Idee in die Wirklichkeit noch bis zum Jahre 1846, wo zuerst sogenannter Holzschliff, und zwar in Süddeutschland erzeugt worden ist. Das Verfahren ist sehr einfach, die betreffenden Hölzer werden gegen einen nassen Mühlstein gehalten, der sie zermahlt.

Der so erhaltene Brei hat natürlich kaum eine faserige Struktur, seine Verfilzungsfähigkeit ist sehr gering. Dazu steckt er voll von den Harzen der betreffenden Bäume, die sein Bleichen erschweren, ja unmöglich machen können. So kann man denselben denn nur mit Lumpen zusammen verarbeiten, indem die längeren Fasern, die diese liefern, dem Papier, dessen Masse er vermehren hilft, die nötige Haltbarkeit geben müssen. Es ist mehr ein Füllstoff als ein Ersatz der Hadern.

Hinsichtlich solcher Füllstoffe ist man übrigens noch viel weiter gegangen. Man hat dem Papierbrei geradezu Gips und ähnliche weiße Materialien zugesetzt, die an sich gar keine Verfilzungsfähigkeit besitzen, sondern nur zwischen den zusammengeklebten Fasern des Papiers als die Masse vermehrendes, aber zugleich ihre Festigkeit beeinträchtigendes Material, liegen.

Neben dem rein mechanischen Zermahlen des Holzes, hatte man sich alsbald dem schon erwähnten Stroh zugewandt, und dessen Gefüge durch Kochen mit Natronlauge (siehe Vortrag IX) so zu lockern gelernt, daß es hierauf, nachdem es mit Wasser gut ausgewaschen war, sich im Holländer wie Papierbrei vermahlen ließ. Der so erhaltene Stoff ist mit Chlorkalk bleichbar, und kann in reichlicher Menge der eigentlichen Cellulose bei der Papierfabrikation zugesetzt werden. Er macht das Papier schön „griffig“.

In der gleichen Weise wird aus dem obengenannten Alfagras der Alfastoff hergestellt.

Während das Zerkochen von Stroh oder Alfagras und ähnlichem unter Verwendung geeigneter Chemikalien wenig Mühe macht, liegen die Verhältnisse nun beim Holz viel schwieriger, wenn man es durch Zerkochen statt durch Schleifen für die

Papierfabrikation brauchbar machen will, da man es mit einer so sehr viel festeren Masse zu tun hat. Zunächst bildete sich für diesen Zweck das Natroncelluloseverfahren aus.

Dieses vom Amerikaner WATT Ende der sechziger Jahre erfundene Verfahren bestand darin, das Holz — man verwendete hauptsächlich Tannen und Fichten — mit Natronlauge unter sehr starkem Druck zu kochen. Die Kessel lagen nach Art der Dampfkessel direkt im Feuer. Das Rohmaterial, welches in zum Stamm senkrecht stehende Scheiben zerschnitten war, ward in Drahtkörben hineingesetzt und sodann die Lauge einfließen gelassen. Man mußte hierauf bis auf etwa zehn Atmosphären Überdruck in den Kesseln gehen, um ein genügendes Aufschließen des Holzes zu erreichen. Um diesen Druck zu ertragen, wurden die Bleche, aus denen diese Kessel zusammengesetzt werden, nicht wie bei Dampfkesseln mit einer Reihe, sondern mit einer dreifachen Reihe von Nieten aneinander befestigt.

Die aus dem Kocher kommenden Holzscheiben sahen dunkelbraun aus, aber alle die Cellulose im Holze einhüllenden und zusammenklebenden Stoffe waren nunmehr wasserlöslich. Brachte man daher die Scheiben jetzt in viel Wasser und zerstampfte sie ein wenig, oder benutzte sonst eine entsprechende Zerkleinerungsvorrichtung, so blieb auf einem Siebe nur die Cellulose zurück, während die sie ehemals inkrustierenden Substanzen vom Wasser gelöst und weggeführt wurden. Die so erhaltene ziemlich langfaserige Cellulose, welche den Namen Natroncellulose führte, ließ sich sehr gut bleichen und ward im Verein mit anderem Material auf Papier verarbeitet.

Gegen diese Fabrikation trat mit dem Jahre 1884 als immer bedrohlichere Konkurrenz die Sulfitcellulose auf und seit dem Jahre 1905 ist Natroncellulose kaum mehr im Handel.

Es ist ja von vornherein denkbar, daß es außer der Natronlauge noch andere Mittel geben wird, die imstande sind, ohne die Cellulose zu sehr anzugreifen, die sie im Holze inkrustierenden Substanzen aufzulösen. Im Laufe der Zeit sind sie denn auch zahlreich bekannt geworden; bewährt hat sich für die Praxis

aber von ihnen allen fast nur der saure schwefligsaure Kalk (siehe sogleich weiterhin).

Im Anschluß daran, daß in der Chemie die Salze der schwefligen Säure als Sulfite bezeichnet werden, hat jene neue Art von Cellulose zur Unterscheidung von der Natroncellulose ihren schon erwähnten Namen Sulfitcellulose erhalten.

Das Verfahren der Sulfitcellulosefabrikation hat Mitscherlich zuerst praktisch verwertbar gemacht, aber Versuche in dieser Richtung, die absolut zu nichts geführt, haben schon andere vor ihm angestellt. Ja, es gibt ein englisches Patent aus dem Jahre 1866, in dem das ganze Verfahren ungefähr angegeben ist, aber eben nur ungefähr, und nie ist ein Kilo nach jenem Patent gewonnener Cellulose im Handel gewesen. Doch kann in Deutschland nichts patentiert werden, was bereits von anderen in gleicher oder sehr ähnlicher Weise irgendwo in der Welt beschrieben worden ist, wenn nicht 50 Jahre seit der letzten öffentlichen Mitteilung verflossen sind. Infolgedessen lagen hier für den deutschen Erfinder die Verhältnisse zur Erlangung eines Patentes sehr ungünstig.

Nun wissen wir von der Gerberei her, daß fast alle Hölzer Gerbstoffe enthalten, und so müssen die Gerbstoffe, wenn Holz auf Cellulose gekocht wird, wobei also alle Nichtcellulose gelöst wird, ebenfalls in Lösung gehen. Folglich müssen sie, vorausgesetzt, daß sie den betreffenden Kochprozeß überhaupt vertragen, sich schließlich in der Kochflüssigkeit finden. Und so wurde das Patent — dessen eigentlicher Zweck die Gewinnung der Sulfitcellulose war — in der Art angemeldet, daß durch Kochen von Holz mit saurem, schwefligsaurem Kalk eine Lauge erhalten werde, welche als Gerbmaterial dienen soll, während nebenbei Cellulose entsteht. Dieses Vorgehen gab später die Grundlage für endlose Patentstreitigkeiten ab, welche um die Mitte der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts die Papierindustriellen zeitweise in geradezu atemloser Spannung erhielten. Patente bleiben aber bei uns überhaupt nur 15 Jahre in Kraft, und da Mitscherlich das seinige im Jahre 1878 angemeldet hatte, erlosch es 1893.

Doch jetzt zuerst, was ist saurer schwefligsaurer Kalk?

Wenn man Schwefel anzündet, so verbrennt er, wie wir alle wissen, mit außerordentlich heftigem Geruch, indem er gleichzeitig verschwindet. Und ganz wie Kohle beim Brennen verschwindet, indem sie sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure also einem farblosen Gas vereinigt, verschwindet auch der Schwefel, indem er sich mit dem Sauerstoff der Luft zu schwefliger Säure vereinigt, welche ebenfalls ein farbloses Gas ist. Säuren ihrerseits verbinden sich, wie wir auch schon wissen, mit Basen zu Salzen (siehe Seite 54). Leiten wir daher das aus einem Ofen mit brennendem Schwefel aufsteigende Gas, also die schweflige Säure, in einen Schornstein, der aber nicht, wie die gebräuchlichen Schornsteine leer, sondern mit feucht gehaltenen Kalksteinen gefüllt ist, so wird die schweflige Säure nicht aus dem Schornstein entweichen und in die Luft gehen, sondern sich mit dem Kalk als Base zu einem Salz, zu schwefligsaurem Kalk vereinigen.

Da am Fuße des Schornsteins natürlich reichlich schwefligsaures Gas vorhanden ist, so wird dieses Gas, weil es sehr wasserlöslich ist, sich in dem Wasser, das langsam über den Kalkstein herunterrieselt, lösen, und in dieser sauren Flüssigkeit löst sich wieder der schwefligsaure Kalk als sogenannter saurer schwefligsaurer Kalk auf.

Die Darstellung der Lösung des sauren schwefligsauren Kalks vermittels mit Kalkstein gefüllter Türme, so wurde die Vorrichtung benannt, ward ebenfalls patentiert, weil bis dahin niemand jene Verbindung, die die Chemie seit langen Zeiten kennt, auf diesem Wege gewonnen hatte. Diese Art und Weise seiner Herstellung war somit neu. Der saure schwefligsaure Kalk sammelt sich bei diesem Verfahren schließlich als wäßrige Lösung am Fuße des Turmes, in welchen von der Seite her das aus dem Ofen, in welchem Schwefel brennt, abziehende schwefligsaure Gas eintritt.

Die Lösung des sauren schwefligsauren Kalks greift ihrerseits die meisten Metalle auf das energischste an. Das wider-

standsfähigste Metall in chemischer Hinsicht, das hinreichend billig in der für industrielle Zwecke nötigen Menge zu beschaffen ist, ist nun das Blei. Gefäße aus Blei oder solche, die verbleit sind, finden deshalb in der chemischen Großindustrie zahlreichste Verwendung.

Zum Verarbeiten des Holzes auf Cellulose mittels unserer sauren Sulfitlauge, muß das Holz damit unter Druck gekocht werden. Aber aus Blei kann man keine Kessel, die Druck aushalten sollen (welche wir für gewöhnlich als Dampfkessel bezeichnen), fabrizieren, dazu ist dies Metall viel zu weich. Daher war eine Herstellung von Gefäßen, in denen der Prozeß dieser Cellulosegewinnung im großen ausführbar sein sollte, eine recht schwierige Aufgabe.

Schließlich wurde so gearbeitet. Ein in gebräuchlicher Art aus Kesselblechen hergestellter Dampfkessel ward von innen mit einem Harz ausgekleidet, auf welches Platten von Blei kamen. Diese wurden ihrerseits mit säurefesten Steinen überdeckt, und zwar in zwei Lagen, wobei die Fugen der Steine zwischen der unteren und oberen Lage um die Hälfte gegeneinander verschoben waren. Erst dieser Schutzmantel sichert den äußeren eisernen Kessel vor dem Zerfressenwerden. Heute läßt man allerdings das Blei weg, indem die Steine allein, wenn sie mit einem passenden Zement verbunden werden, genügend schützen sollen.

Zur Heizung des Kessels dienten mehrere Systeme von Bleiröhren, die in ihm lagen, durch welche der in einem anderen Kessel entwickelte Dampf geleitet wurde. Die größere Anzahl Systeme war nötig, weil leicht das eine oder das andere Bleirohr riß, indem, wie erwähnt, Blei Druck nur sehr schlecht verträgt. Auch dies wurde besser, seitdem man statt der reinen Bleiröhren eiserne mit Blei umgebene Rohre in Anwendung brachte. Doch jetzt sollen die Bleirohrfabrikanten, durch das Bedürfnis veranlaßt, auch schon solche liefern, die ohne Eisenauskleidung genügend haltbar sind.

Das mit dem sauren schwefligsauren Kalk gekochte Holz verläßt, im Gegensatz zu den durch die Kochung mit Natronlauge dunkelbraun gewordenen Scheiben (siehe Seite 183) den

Kessel in hellerem Zustande als es in ihn hineingebracht wurde. Wir wissen ja, daß schweflige Säure geradezu ein Bleichmittel (siehe Seite 158) ist, und es hält auch nicht schwer die auf diesem Wege erhaltene Cellulose hernach völlig zu bleichen.

Weißtannen, die nach dem Verfahren verarbeitet werden, liefern das allerbeste Produkt. Die nördliche Grenze für das Vorkommen dieser Tanne bildet aber bereits der Main, und da sich für den Prozeß am besten etwa fünfzehnjährige Hölzer eignen, ist in Süddeutschland und der Schweiz der Bedarf an Hölzern dieses Alters sehr gestiegen, und haben die Forstverwaltungen jetzt damit zu rechnen. Weiter nordwärts verarbeitet man Fichten, die speziell in Norddeutschland, Norwegen und Finnland viel zerkocht werden.

Von der Massenhaftigkeit, in der die Sulfitcellulose hergestellt wird, gibt uns den besten Begriff, daß Anlagen mittlerer Größe täglich 5 bis 6 Morgen gut bestandenen Fichtenwald auffressen. Sie ist nicht nur in der Qualität der Natroncellulose überlegen, sondern sie beginnt geradezu auch das ehemalige Rohmaterial, also die Lumpen, aus der Papierfabrikation zu verdrängen.

Zum Schluß wollen wir folgendes hinsichtlich der Vorzüglichkeit der mittels des Sulfitverfahrens gewinnbaren Cellulose erwähnen. Um das Jahr 1890 fingen bereits Bestrebungen an, durch besonders vorsichtiges Arbeiten, das schon beim Zerschneiden der Hölzer begann, mittels dieses Verfahrens eine so langfaserige Cellulose zu erzeugen, daß sie sogar mit Baumwolle zusammen sollte versponnen werden können, um als teilweiser Ersatz derselben zu dienen. Doch haben die jahrelangen Arbeiten auf diesem Wege nicht direkt zum Ziele geführt, wohl aber ist schließlich die Aufgabe folgender Art gelöst worden. Man läßt das aus Cellulose hergestellte Papier, statt über einen glatten über einen gerippten Zylinder laufen, so daß an Stelle der Papierbogen sich Papierstreifen bilden, die man noch im nassen Zustande durch Drehen, also eine Art von Verspinnen in einen Faden verwandelt. Für das herzustellende Gewebe nimmt man alsdann Baumwollfäden als Kette und diese starken Papierfäden als Schuß. Dadurch gelingt es, ein Gewebe, welches zu 70 Prozent

aus Papier besteht, herzustellen. Es hat den Namen Silvalin vom lateinischen silva, der Wald, erhalten. Seine Festigkeit ist bedeutend, und Säcke aus ihm haben im Jahre 1903 im gefüllten Zustande die Reise um die Welt gemacht und blieben tadellos erhalten. So scheint das Silvalingarn ein nicht zu unterschätzender Konkurrent der Jute werden zu wollen. — Wenn man sieht, wie immer wieder neue Verwendungsarten für auf chemischem Wege verarbeitetes Holz gefunden werden, so kann das starke Steigen der Holzpreise nicht wundernehmen. Daraus erklärt sich auch der zunehmende Ersatz von Bauhölzern durch eiserne Langträger und das Verschwinden des Holzes aus den Küchen, in welchen es noch vor 70 Jahren das fast ausnahmslos verwendete Brennmaterial (siehe z. B. Seite 50) war. Da außerdem die Steinkohlen andauernd teurer werden, verbessern sich zweifellos die Aussichten hinsichtlich der Verwendung unserer großen Torfmoore für rationelle Feuerungsanlagen.

Neunter Vortrag.

Gebrannter Kalk. Pottasche. Soda nach Leblanc. Schwefelsäure. Glaubersalz. Salpetersäure. Chlorkalk. Krystallsoda. Ammoniaksoda. Künstliche Pottasche. Melassenasche. Wollschweißasche. — Seife. Ätzkali. Ätznatron. Schmierseife. Gefüllte Seife. Harztalgseife. Weiches und hartes Wasser. Pflaster.

Die Herstellung der Seifen, zu denen wir jetzt übergehen wollen, erfolgt durch Einwirkung von in Wasser gelösten „ätzenden Alkalien" auf die Fette. Daher müssen wir, bevor wir die Seifen besprechen können, erst näheres über die ätzenden Alkalien mitteilen. Ihre Gewinnung ist aber wiederum untrennbar mit jener der kohlensauren Alkalien verbunden, und kann deshalb nur im Zusammenhange damit klar gemacht werden.

Von „ätzenden Alkalien" war in älterer Zeit nur der gebrannte Kalk der Welt zugänglich. Folgende Überlegung macht uns leicht verständlich, woher man den gebrannten Kalk schon seit Urzeiten kennt. Stellt man nämlich Steine zum besseren Zusammenhalten der Hitze um ein Feuer, baut man sich also eine Art von Herd, so werden die meisten Steine nach dem Ausbrennen des Feuers und Erkalten unverändert erscheinen. Nur einer von ihnen wird dadurch in seinem späteren Verhalten gänzlich verändert. Wird er hernach mit Wasser begossen oder regnet es auf ihn, so wird dieser bereits kalt gewesene Stein wieder heiß, das hinaufgegossene Wasser fängt zu dampfen an, und der harte Stein zerfließt zu einem Brei. Der Stein, der dieses Verhalten zeigt, findet sich massenhaft in der Natur. Er führt den Namen Kalkstein und seine reinsten Varietäten nennen wir Marmor, Kalkspat oder Kreide. Der gebrannte Kalkstein

oder kurzweg der gebrannte Kalk dient von jeher zur Bereitung des Mörtels, auf den wir später zurückkommen.

Mit Hilfe unserer bisherigen Kenntnisse erklärt sich das Verhalten dieses Steines folgender Art: Kalkstein ist chemisch zu bezeichnen als kohlensaurer Kalk. In der Hitze entweicht die Kohlensäure gasförmig, und Kalk[1]) bleibt zurück. Der natürliche Kalkstein ist z. B. ein vorzügliches Baumaterial, weil er Witterungseinflüssen kaum zugänglich ist. Der gebrannte Stein zerfällt dagegen, sobald Wasser daran kommt, wie wir soeben erfuhren, völlig, löscht sich mit dem Wasser, wie man sagt. Bei diesem Löschen entwickelt sich infolge der gegenseitigen chemischen Anziehungskraft des gebrannten Kalks[1]) und des Wassers solche Wärme, daß also Wasserdampf massenhaft aufsteigt. Weil hier durch das Hinaufgießen von kaltem Wasser auf einen kalten Körper so reichlich Wärme frei wird, gewinnt der Vorgang des Löschens für den Laien etwas Geheimnisvolles.

Der gelöschte Kalk hat sehr stark ätzende, d. h. zerstörend wirkende Eigenschaften. Daher wird er auch geradezu Ätzkalk genannt. Weil er sich mit Säuren zu Salzen vereinigt, es sei hier an den phosphorsauren Kalk als Düngemittel erinnert, ist er chemisch eine Base oder ein Alkali (siehe Seite 54).

Wenn er sich auch mit Wasser zu einem Brei löscht, indem er sich also mit einem Teil des darauf gegossenen Wassers chemisch verbindet, so ist er doch im Wasser kaum löslich. Es sind das ja auch zwei voneinander ganz unabhängige Dinge. „Mit seiner Hilfe verstanden aber schon im Mittelalter die Seifensieder leicht in Wasser lösliches Alkali für ihre Zwecke, also zur Herstellung von Seife, zu bereiten.“ Es führt von jeher den Namen Ätzkali, und dieses Ätzkali wird noch heute aus der

---

1) Anmerkung: Der Kalk ist das Oxyd des Metalls Calcium, und Calciumoxyd hat nun einmal von Natur aus das Bestreben, sich chemisch mit Wasser zu verbinden. Dabei entsteht sehr viel Wärme, weil hierbei das Calciumoxyd in Calciumhydroxyd, das ist gelöschter Kalk, übergeht.

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

Calciumoxyd + Wasser = Calciumhydroxyd.



Pottasche mittels des Ätzkalks hergestellt. Auf die hierzu übliche Methode kommen wir, nachdem wir uns klar gemacht haben, was Pottasche ist. Und diese ist folgendes:

Wir wissen, daß alle Landpflanzen zu ihrer Existenz Kalisalze brauchen, daher enthält alles Holz Kalisalze; verbrennt man es, so finden sie sich hernach in seiner Asche (siehe auch Seite 41). Darin sind sie zumeist als kohlensaures Kali, ein im Wasser leicht lösliches Salz vorhanden. Kocht man also Holzasche in Töpfen aus, so erhält man die Kalisalze in Lösung, gießt man die Lösung vom ungelösten Rückstand ab, und verdampft sie zur Trockne, so hinterbleibt als Rückstand die Topf- oder Pottasche, deren Name dem Niederdeutschen entstammt.

Pottasche wurde nun viel gebraucht. Sie fand und findet Verwendung in der Seifenfabrikation; auch die Glasfabrikation hatte sie höchst nötig, wie wir sehen werden, ebenso die Färberei usw. Mit der Abnahme der Wälder und der dadurch sich vermindernden Erzeugung von Holzasche mußte auch sie rarer werden. Dieser Mangel machte sich zuerst ganz ernstlich in Frankreich geltend, wo deshalb die Pariser Akademie bereits 1775 einen Preis von 2500 Livres nicht für die Herstellung künstlicher Pottasche, sondern — für die beste Methode zur Umwandlung von Kochsalz in Soda ausschrieb, weil diese letztere in den meisten Fällen als Ersatz für Pottasche dienen kann.

Damit verhält es sich nämlich so. Pottasche ist kohlensaures Kali, wie wir soeben erfahren haben. Soda ist kohlensaures Natron. Für Kali kannte man zur Zeit des Preisausschreibens kein weiteres Vorkommen auf Erden als eben die Pottasche. Die Staßfurter Kalisalze (siehe Seite 51) werden ja erst seit 1863 etwa ausgebeutet. Also fehlte damals die Möglichkeit, Pottasche künstlich aus anderen Kaliverbindungen zu bereiten.

Für Soda gab es zu jener Zeit auch nur eine und zwar recht ungenügende Quelle, das waren die Aschen verbrannter Seepflanzen, welche hauptsächlich in Nordspanien hergestellt wurden und Barilla hießen. Denn die Seepflanzen enthalten an Stelle der Kalisalze zumeist Natronsalze, so daß ihre Asche,

wenn man sie auskocht, nicht kohlensaures Kali (Pottasche), sondern kohlensaures Natron (Soda) liefert. Die Barilla war häufig außerordentlich schlecht, kamen doch Aschen vor, die nur fünf Prozent Soda enthielten, alles übrige war Verunreinigung. Und trotzdem wurden sie industriell verwendet, so groß war der Bedarf oder, wie wir in diesem Falle wohl sagen können, der Heißhunger nach derartigen Stoffen. Also Soda ist, wie öfters erwähnt, kohlensaures Natron. Für Natriumverbindungen gibt es nun einen ganz unerschöpflichen Vorrat in der Welt, nämlich das Kochsalz, welches aus Chlor und Natrium besteht.

So schrieb man denn jener Zeit, da aus dem angegebenen Grunde künstliche Pottasche herzustellen nicht möglich war, einen Preis für die Umwandlung von Kochsalz in Soda aus.

Einen Begriff von ihrem Werte mögen folgende Zahlen geben. 1814 kosteten 1000 Kilo Krystallsoda noch 1200 Mark. 1824 600 und vor etwa 15 Jahren hat man sie schon zu 60 Mark ab Fabrik kaufen können, während sie jetzt wieder mehr als das doppelte kostet. Die einstigen Preise ließen also einen sehr großen Gewinn bei künstlicher Herstellung der Soda erhoffen.

Die Aufgabe ihrer künstlichen Herstellung hat Leblanc gelöst, nachdem viele Leute vergeblich darüber gearbeitet hatten. Er erhielt im Jahre 1791 ein Patent auf sein Verfahren. Seine Methode war, wie wir gleich sehen werden, außerordentlich kompliziert. Sie erforderte nach den verschiedensten Richtungen hin nicht nur chemische Kenntnisse, um sie überhaupt ausführen zu können, sondern verlangte auch, hinsichtlich der Übertragung der im Laboratorium gefundenen Verbesserungen und allmählich sich ergebenden zahlreichen Nebenfabrikationen in die Praxis, die größte Intelligenz in technischer Beziehung. Sie ist daher nicht allein der Ausgangspunkt, das wäre zu wenig gesagt, sondern geradezu die Lehrmeisterin für die Leistungen der jetzigen chemischen Großindustrie geworden.[1]) Die chemische Großindustrie ist somit ein Kind der Ansprüche des täglichen Lebens.

1) Anmerkung: Diejenigen Chemiker, welche die Durchführung der öfters fabelhaft komplizierten Prozesse in der Fabrikpraxis zuerst ermöglichten, nach denen jetzt in chemischen Fabriken die Anilinfarbstoffe oder

Leblanc hat es so wenig wie irgend einer seiner Zeitgenossen ermöglichen können, Kochsalz, das ist doch salzsaures Natron, direkt in kohlensaures Natron überzuführen. Seine Erfindung bestand aber darin, daß es ihm gelang, das aus Kochsalz nicht schwer herstellbare schwefelsaure Natron in Soda überzuführen. Er fand, daß man vom schwefelsauren Natron aus zur Soda kommt, wenn man es mit Kreide und Kohle zusammenschmilzt. Kreide ist, daß wissen wir, kohlensaurer Kalk. Laugt man die erkaltete Schmelze mit Wasser aus, so geht in das Wasser die entstandene Soda über. Die Kohlensäure für dieselbe entstammt also der Kreide, das Natron ursprünglich dem Kochsalz. Dampft man den wäßrigen Auszug der Schmelze ein, so krystallisiert die Soda aus, und dieses Produkt ist die Krystallsoda des Handels.

Um daher nach Leblancs Verfahren Kochsalz in Soda überzuführen, muß es erst in schwefelsaures Natron verwandelt werden. Dieses heißt nach seinem Entdecker Glauber, der es um 1645 bereits dargestellt hat, im gewöhnlichen Leben Glaubersalz. Hierzu bedarf es natürlich einer eigenen Fabrik für Schwefelsäure, und die Herstellung dieser Säure ist denn auch in den alten Sodafabriken zugleich mit ausgebildet worden.

Verbrennt man Schwefel, so liefert er schweflige Säure in Gasform, wie wir wissen (siehe Seite 185). Damit die schweflige Säure in Schwefelsäure übergeht, muß sie noch ein Atom Sauerstoff aufnehmen.

Schweflige Säure + Sauerstoff aus der Luft = Schwefelsäure.

Diesen Sauerstoff vermag die schweflige Säure kaum direkt

---

die künstlichen Fiebermittel wie das Antipyrin, und die künstlichen Wohlgerüche wie das Vanillin, oder der Geruch der Veilchen hergestellt werden, waren zum Teil aus der Sodaindustrie hervorgegangen, zum Teil stützten sie sich auf deren Erfahrungen. Die Fortschritte der genannten, der neuesten Zeit angehörigen Industrien, haben allerdings alles bis dahin vorhandene weiter hinter sich gelassen, als selbst die mit einer sehr kühnen Phantasie Begabten vorauszusehen vermocht haben werden. Deutschland übertrifft auf diesem schwierigsten Gebiete der gesamten chemischen Industrie alle Länder der Welt, wofür wir die Gründe im zwölften Vortrage auseinandersetzen werden.

aus der Luft aufzunehmen, wohl aber addiert sie ihn mit Leichtigkeit z. B. in Gegenwart von Salpetersäure. Am besten geht das, wie die Erfahrung gelehrt hat, in großen Kammern vor sich, die, um der Säure widerstehen zu können, ganz aus Blei (siehe Seite 186) erbaut sein müssen. Die Salpetersäure oxydiert in diesen Räumen die schweflige Säure zu Schwefelsäure, verliert also ihrerseits Sauerstoff. Indem man aber gleichzeitig durch die Kammern Luft und Wasserdampf leitet, gehen die aus der Salpetersäure entstehenden Produkte immer wieder von neuem in Salpetersäure über, wodurch ein eigentlicher Verbrauch daran — abgesehen vom Fabrikationsverlust — nicht stattfindet, indem sie nur den Überträger des Luftsauerstoffs auf die schweflige Säure bildet. Die entstehende Schwefelsäure sammelt sich auf dem Boden der Kammern als Flüssigkeit an.

Immerhin erforderte diese Fabrikation, wie hieraus hervorgeht, auch eine Fabrik für Salpetersäure. Salpetersäure nennt man im gewöhnlichen Leben Scheidewasser. Der Name stammt daher, daß sie wohl Silber aber nicht Gold löst, deshalb zum Scheiden dieser beiden Metalle dienen kann. Man erhält sie durch Destillation von Salpeter mit Schwefelsäure, und zwar nimmt man der Billigkeit halber natürlich Natronsalpeter, (Chilisalpeter, siehe Seite 55). Es bildet sich, bei der Einwirkung dieser beiden Ingredienzien aufeinander, Salpetersäure, die leicht überdestilliert, während in der Retorte schwefelsaures Natron zurückbleibt (und zwar letzteres in Form von saurem schwefelsaurem Natron aus Gründen, deren Auseinandersetzung uns hier zu weit führen würde).

Nachdem man etwa 100 Jahre an der möglichst vollkommenen Herstellung der Schwefelsäure unter Verwendung von Salpetersäure gearbeitet hatte, ist dem Verfahren etwa seit dem Jahre 1896 ein ernster Gegner in einer neuen, seitdem viel angewendeten Fabrikationsmethode entstanden. Sie beruht auf folgendem: Sehr fein verteiltes Platin zeigt die Eigenschaft, daß in seiner Gegenwart manche chemischen Umsetzungen vor sich gehen, die bei seiner Abwesenheit ausbleiben. Das Verhalten des fein verteilten Platins erinnert hier ein wenig an das des Pepsins (siehe Seite 58) oder der Diastase (siehe Seite 115). So entsteht denn auch in

seiner Gegenwart aus dem schwefligsauren Gas und Luft — wobei natürlich nur deren Sauerstoff in Betracht kommt — Schwefelsäure. Die Ausführung dieses scheinbar so einfachen Verfahrens gestaltet sich aber im Fabrikbetriebe recht schwierig. Vor wenigen Wochen ist nun ein weiteres Verfahren zur Gewinnung von Schwefelsäure bekannt geworden, dessen Erfinder Franck ist, der in seiner Jugend die Staßfurter Kaliindustrie mit ins Leben gerufen, und der Welt auch den Kalkstickstoff (siehe Seite 56) beschert hat. Seinem Patente zufolge hat man es nur nötig, das schwefligsaure Gas mit überschüssigem Sauerstoffgas (siehe Seite 38) auf 100 Atmosphären zusammenzupressen, um die Vereinigung beider Gase zur Schwefelsäure zu erreichen. Sollte sich diese letzte Methode im großen bewähren, so wäre wohl das Erfinden auf dem Gebiete der Gewinnung von Schwefelsäure zu Ende, denn eine noch einfachere Bereitung derselben läßt sich nicht denken.

Die Schwefelsäure wurde in den Sodafabriken ursprünglich aus Schwefel hergestellt, das änderte sich im Jahre 1838. Schwefel gibt es als solchen, soweit europäische Verhältnisse in Betracht kommen, in großen Mengen nur in Sizilien, und erst im Jahre 1906 ist die Schwefelgewinnung in Louisana in Nordamerika ihm als ernster Konkurrent entgegengetreten. Im erwähnten Jahre erklärte der damalige König von Neapel den sizilianischen Schwefel für ein Monopol, welches einem Marseiller Hause verpachtet wurde. Dieses erhöhte den Preis sofort von 100 Mark auf 280 Mark für 1000 Kilo. Die englischen Schwefelsäurefabriken, und damals gab es fast nur solche in England, beschwerten sich darüber bei ihrer Regierung, und eine Art von Schwefelkrieg drohte auszubrechen, worauf das Monopol wieder rückgängig gemacht wurde.

Aber die Not hatte inzwischen erfinderisch gemacht. Wenn auch freier Schwefel sonst in Europa nicht viel zu finden ist, so gibt es doch überall in der Welt ungeheure Lager von Schwefelverbindungen, namentlich Schwefeleisen, welches letztere die Mineralogen Pyrit nennen.

Solcher Pyrit kann auch in Öfen angezündet werden. Dabei

liefert sein Schwefelgehalt, der etwa 48 Prozent beträgt, schweflige Säure, die auf Schwefelsäure weiter verarbeitet wird; sein Eisen verbrennt zu Eisenoxyd. Dieses wird jetzt auf Eisen weiter verarbeitet. Auch gibt es kupferhaltige Pyrite, die meist aus Rio Tinto in Spanien stammen, und solche benutzen die Schwefelsäurefabriken mit Vorliebe, weil die nachherige Extraktion des Kupfers aus den Pyritabbränden recht lohnend ist. Da haben wir wieder einige Nebenfabrikationen der alten Sodaindustrie.

Die Schwefelsäure gehört zu den im größten Maßstabe dargestellten industriellen Erzeugnissen. Wir brauchen ja nur zu bedenken, wie große Mengen davon allein jährlich zum Aufschließen der Phosphorite, um diese in für die Landwirtschaft verwertbaren Dünger zu verwandeln, verbraucht werden, und welches Quantum für die Herstellung des zu gleichem Zweck Verwendung findenden schwefelsauren Ammoniaks nötig ist (siehe Seite 55). Im Jahre 1907 betrug die Schwefelsäurefabrikation der Erde etwa 4,1 Millionen Tonnen. Davon lieferten England 1,1 Millionen, Deutschland 900000, die Vereinigten Staaten 850000, Frankreich 500000 Tonnen. Im Deutschen Reich allein wurden also in jeder Stunde dieses Jahres über 100000 Kilo Schwefelsäure hergestellt.

Läßt man Schwefelsäure auf Kochsalz, also Chlornatrium einwirken, so bildet sich das für die Sodafabrikation nach Leblanc erforderliche schwefelsaure Natron und gleichzeitig entsteht Salzsäure.

Kochsalz + Schwefelsäure = Schwefelsaures Natron + Salzsäure.

Salzsäure ist ein Gas wie das schwefligsaure Gas oder wie das Ammoniakgas. Wie diese beiden letzteren Gase ist auch sie im Wasser sehr löslich. Die Salzsäure des Handels, das ist ihre wäßrige Lösung, enthält etwa 33 Prozent salzsaures Gas gelöst. Sie ist bekanntlich eine an der Luft schwach rauchende Flüssigkeit. Diese Eigenschaft hat sie daher, daß daraus abdunstendes salzsaures Gas mit der Feuchtigkeit der Luft Nebel bildet.

Das salzsaure Gas war für die beginnende Sodafabrikation eine geradezu furchtbare Zugabe. Irgendeine Art Verwertung desselben kannte man nicht, und so ließ man es aus dem

Kamin mit den Feuergasen entweichen. Da es aber alle Vegetation in der Umgegend der Fabriken zerstörte, gab dieses Verfahren zu den schwersten Klagen Veranlassung. Infolge einer solchen Anlage in einer Brüsseler Vorstadt wurden sogar die Instrumente aller darin wohnenden Handwerker stets in kürzester Zeit stumpf. Deshalb baute z. B. eine Fabrik, um es zu entfernen, einen Kamin von 150 Meter Höhe, also etwa der doppelten Höhe eines gewöhnlichen Kirchturmes. Aber statt daß das Gas sich mit der Luft dort oben gemischt hätte, fiel es namentlich bei feuchtem Wetter in schweren Wolken aus der Höhe herunter.[1]) Um die steten Klagen los zu sein, wurden einige Fabriken sogar

1) Es sei hier nebenbei bemerkt, daß die Vorwürfe, welche man den Sodafabriken wegen der vielen Salzsäure, die sie in die Luft ließen, seinerzeit machte, in gewissem Maße schließlich auf jede, große Massen Steinkohle verbrauchende Industrie wegen der Menge von schwefliger Säure, die sie ganz unabsichtlich mit den Verbrennungsprodukten der Steinkohle in die Luft jagt, zutreffen. In der Beziehung wird auch die so viel erstrebte Rauchverbrennung, also die Anlage rauchloser Feuerungen, nichts ändern. Wir wissen ja, daß alle Steinkohle Schwefel enthält, von dem ein wenig sogar mit dem Leuchtgas (siehe Seite 34) in die Wohnungen gelangt. Die infolge dieses Gehaltes mit den Verbrennungsprodukten der Steinkohlen aus den Schornsteinen in die Luft gelangende schweflige Säure wird man natürlich auch durch das Verbrennen der Rußteilchen nicht los. Was von ihr in die Luft gelangt, geht, wie die Erfahrung gelehrt hat, dort ziemlich rasch in Schwefelsäure über.

Amtliche Untersuchungen haben z. B. ergeben, daß in London in einer Million Kubikmeter Luft 1670 Gramm Schwefelsäure vorhanden sind, ja in Manchester stieg die Zahl auf 2518, und in der Nähe von Schwefelsäurefabriken auf 2668 Gramm. Auf dem Lande enthielt sie dagegen nur 474 Gramm. Hier rührt die Schwefelsäure zumeist von verwesenden organischen Körpern, also eiweißhaltigen Körpern her, indem die Eiweißstoffe doch Schwefel enthalten (siehe Seite 66). Rechnen wir die Londoner Zahl auf die Größe eines Zimmers von 6 Meter Länge, 5 Meter Breite und 4 Meter Höhe um, so beträgt die Schwefelsäuremenge in diesem doch schon großen Raum schließlich allerdings nur zwei zehntel Gramm. Der Gehalt der Luft an schwefliger und Schwefelsäure wird aber hauptsächlich durch den Regen schädlich, indem er sie auf den Blättern der Pflanzen niederschlägt, wodurch diese in ihrer Entwickelung sehr zurückbleiben. Vor nicht sehr langer Zeit gab es wieder einen großen Prozeß zwischen einem oberschlesischen Hüttenwerke und einem in der Nähe gelegenen Wald-

auf die kleinen Inseln im englischen Kanal verlegt. Das geschah alles, obgleich man sehr wohl wußte, wie leicht die Salzsäure sich in Wasser löst, doch hatte es keinen Zweck, sich des Gases in dieser Weise zu entledigen, denn wo sollte man mit der wäßrigen Salzsäure, die man auf diese Art erhielt, hin, da man sie nicht in die Flüsse laufen lassen durfte, weil sie die Fische tötet.

Und so blieb das salzsaure Gas eine wahre Plage für die Fabrikanten, bis sich im Laufe der Jahre die Verhältnisse gänzlich geändert haben.

Die Salzsäure findet jetzt ihre Hauptverwendung zur Herstellung des Chlorkalks, der ja in großen Mengen als Bleichmittel (siehe Seite 156) gebraucht wird.

Um salzsaures Gas in Form von Chlorkalk verwenden zu können, wird es zuerst in Wasser geleitet und so aufgefangen. Damit ist jeder schädliche Einfluß auf die Umgebung der Fabrik vermieden und sind die Unannehmlichkeiten, die das Gas ehemals bereitete, aus der Welt geschafft. Die wäßrige Lösung der Säure, die Flüssigkeit also, als welche die Säure auch in den Handel kommt, wird sodann mit Braunstein erhitzt. Braunstein ist seiner chemischen Zusammensetzung nach Mangansuperoxyd, und Salzsäure ist eine Verbindung von Wasserstoff mit Chlor. Daher führt sie auch in wissenschaftlichen Werken den Namen Chlorwasserstoffsäure. Indem nun der sehr sauerstoffreiche Braunstein, er ist doch ein Superoxyd, auf die Chlorwasserstoffsäure wirkt,

Mangansuperoxyd + Chlorwasserstoffsäure = Manganchlorür + Wasser
(Braunstein) (Salzsäure) + Chlorgas

verbindet sich sein Sauerstoff mit deren Wasserstoff zu Wasser, und wird andererseits Chlorgas frei. Wenn man dieses über in Kammern ausgebreiteten gelöschten Kalk leitet, erhält man den Chlorkalk.

Weiter wird Salzsäure in der chemischen Industrie auch auf Kali chloricum, das ist chlorsaures Kali, und auf ähnliche

besitzer, welch letzterer auf Ersatz des Schadens klagte, den das aus den Kaminen jenes Werkes entweichende schwefligsaure Gas an seinem Baumbestande angerichtet habe.



Salze verarbeitet. Ein recht bedeutender Teil davon wird jetzt auch von anderen Industrien für deren Zwecke gekauft.

Leblanc bedurfte zur Einrichtung der ersten Fabrik nach seinem Verfahren größerer Geldsummen.

Diese gab ihm der Herzog von Orléans, später Philipp Egalité genannt, nachdem d'Arcet, Professor der Chemie am Collège de France — welches die eine der beiden Pariser Universitäten ist —, das Verfahren für gut erklärt hatte. 1793 endete aber Egalité, wie so mancher, der damals im Mittelpunkte der französischen Politik stand, auf dem Schafott, und die Fabrik wurde mit seinen anderen Gütern konfisziert. Nachdem sodann infolge der andauernden Kriege der Republik, die den Transport zur See hinderten, die Pottasche in Frankreich anfing außerordentlich knapp zu werden, erließ der Wohlfahrtsausschuß ein Dekret, wonach alle bisher aufgefundenen Verfahren zur Sodafabrikation (siehe Seite 191) bekannt gegeben werden mußten. Damit verfiel zugleich Leblancs Patent.

Erst im Jahre 1799 übergab man ihm die ehemalige Fabrik wieder, aber Mangel an Mitteln hinderte ihn, sie ordentlich instand zu setzen, und schließlich endete dieser große Erfinder 1806 in Verzweiflung durch Selbstmord, ein Mann, dessen Leistungen, abgesehen von der Erfindung an sich, die Industrien des Glases und der Seife, wie wir sehen werden, in neue Bahnen lenkten und auch für zahlreiche weitere Industrien einen Umschwung bedeuteten, ja, dessen Erfindung ganz neue Industrien wie z. B. der Natroncellulose (siehe Seite 183) und manche andere erst ermöglichte. Seinen Enkeln hat die französische Regierung eine nationale Belohnung ausgezahlt.

Leblancs Verfahren kam zwar nicht in Vergessenheit, schleppte sich aber ohne viel Erfolg hin, bis es englische Fabrikanten auf seine Höhe brachten. Da aber bis zum Jahre 1824 in England auch für das in der Industrie verwendete Salz eine Steuer von 60 Mark für 100 Kilogramm bezahlt werden mußte, wurde die Sodaindustrie auch dort erst nach Abschaffung dieses Hindernisses groß.

Anfangs mußte das Fabrikat in London verschenkt werden, um nur die Seifenfabrikanten an die Soda zu gewöhnen, und sie der Barilla (siehe Seite 191) abspenstig zu machen. Das änderte sich aber sehr rasch. Mit der reinen Soda arbeitete es sich so viel bequemer und sicherer, als mit der hinsichtlich ihres Sodagehaltes so unzuverlässigen Barilla. Ja, bald änderten sich die Verhältnisse in der Übergangszeit völlig, und die Leute waren froh, wenn sie nur die rohen Schmelzen, wie sie aus den Öfen kamen, erhalten konnten. Von der Barilla her nicht verwöhnt, laugten sie sich selbst diese aus. Damit hatte die Soda festen Fuß gefaßt.

Ihre Fabrikation nach LEBLANCS Verfahren in Deutschland begann bald nach dem Jahre 1830 zu Schönebeck an der Elbe.

Man schmolz somit zur Darstellung der Soda Glaubersalz (schwefelsaures Natron), Kreide und Kohle zusammen.

Das Auslaugen der Schmelzen mit Wasser führt daraus die Soda in die wäßrige Flüssigkeit über. Wird diese Lösung durch Eindampfen so konzentriert, daß das Wasser nicht mehr genügt, alle Soda gelöst zu halten, so krystallisiert sie also aus. Aber nicht als kohlensaures Natron allein, sondern mit fast 63 Prozent Wasser, die die Krystalle als sogenanntes Krystallwasser festhalten. Dieses Binden von Krystallwasser ist eine Eigenschaft, mit der sehr viele Salze begabt sind.

Daher sehen wir Krystallsoda, wenn sie längere Zeit offen aufbewahrt wird, sich ändern. Beim Liegen an der Luft verliert sie einen Teil ihres Krystallwassers. Infolgedessen zerbröckeln die Krystalle, die nur damit zusammen ihre bestimmte Gestalt repräsentieren. Andererseits verteuert der hohe Krystallwassergehalt ihre Fracht ganz unnütz, wenn sie verschickt wird. Deswegen stellen die Fabriken auch wasserfreie Soda dar, indem sie die Krystalle so lange erhitzen, bis sich alles Wasser verflüchtigt hat. Sie hinterbleibt hierbei als ein weißes Pulver, und führt den Namen kalzinierte Soda, weil man einen derartigen Trockenprozeß Kalzinieren nennt.

Wir haben nunmehr in großen Zügen die Sodaindustrie nach LEBLANC und auch einige, aber bei weitem nicht alle von ihr hervorgerufenen Nebenindustrien kennen gelernt. Doch die Existenz dieser Industrie, in der so Großes geleistet worden ist, kam, nachdem sie etwa 60 Jahre lang völlig gesichert erschien — wenn wir ihren Beginn als Großindustrie in das Jahr 1824 setzen —, mit dem Anfang der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts ins Wanken und jetzt ist diese Fabrikation bereits untergegangen. Das hängt folgendermaßen zusammen.

Man kannte schon lange eine Methode Kochsalz in Soda auf viel einfacherem Wege überzuführen, als es das LEBLANCsche Verfahren gestattet. Sein Prinzip, dessen Ausführung im Laboratorium keine Schwierigkeit macht, ist folgendes:

Ammoniak als Base verbindet sich mit Kohlensäure zu kohlensaurem Ammoniak sowie mit der doppelten Menge davon zu doppeltkohlensaurem Ammoniak. Wenn man eine Lösung von doppeltkohlensaurem Ammoniak zu einer Lösung von Kochsalz (Chlornatrium) gibt, erhält man infolge der Einwirkung beider aufeinander einen Niederschlag von dem in Wasser verhältnismäßig schwer löslichen doppeltkohlensauren Natron, und in der Lösung bleibt jetzt Chlorammonium.

Doppeltkohlensaures Ammoniak (wasserlöslich)	+	**Chlornatrium** = (wasserlöslich)
Doppeltkohlensaures Natron (schwer in Wasser löslich, fällt deshalb aus der Lösung aus).	+	**Chlorammonium** (wasserlöslich, bleibt daher in Lösung).

Hier wird somit das Kochsalz direkt in doppeltkohlensaures Natron übergeführt. Hier fällt also die für das LEBLANCsche Verfahren erforderliche so umständliche Überführung des Kochsalzes in schwefelsaures Natron mittels Schwefelsäure und damit auch die Nebengewinnung der Salzsäure (siehe Seite 196) fort.

In der Theorie ist dieses zweite Verfahren danach sehr einfach. Zuerst finden wir ein Patent auf dasselbe im Jahre 1838. Auch weiß man, daß in den Jahren 1855 bis 1857 in einer französischen Fabrik Soda, die, im Gegensatze zu der nach LEBLANC

hergestellten, Ammoniaksoda betitelt wird, auf diesem Wege hergestellt worden ist. Doch müssen sich damals bei der fabrikationsmäßigen Ausführung der Methode solche Schwierigkeiten ergeben haben, daß man schließlich darauf, als der LEBLANCschen Soda gegenüber nicht konkurrenzfähig, wieder verzichtete.

Die der Darstellung der Ammoniaksoda im großen entgegenstehenden Schwierigkeiten, die zumeist auf maschineller Seite liegen, indem das sich während der Fabrikation ausscheidende doppeltkohlensaure Natron alle Rohrleitungen, durch die das kohlensaure Gas und das Ammoniakgas in die Kochsalzlösung gepumpt werden, zu verstopfen droht, sind aber endgültig von SOLVAY überwunden worden, nach dessen Verfahren jetzt alle Soda, die gebraucht wird, dargestellt wird.

Der Verlauf dieser Fabrikation ist etwa der folgende. In die in einem geschlossenen Apparat sich befindende Kochsalzlösung wird Ammoniakgas gepumpt, und sobald dies in genügendem Maße geschehen ist, kohlensaures Gas ebenfalls eingepumpt. Es bildet sich doppeltkohlensaures Ammoniak in der Flüssigkeit, welches sich sofort mit dem Kochsalz umsetzt, wodurch das Ausfallen des doppeltkohlensauren Natrons eintritt.

Für die Fabrikation notwendig sind also Kochsalzlösung, sowie Ammoniak und Kohlensäure. Das Kochsalz liefert der Bergbau oder liefern Salzsolen, die es sehr bequemer Weise gleich in gelöster Form enthalten. Das Ammoniak liefert die Vergasung der Steinkohlen wie wir wissen.

Außerdem wird sehr viel Kohlensäure gebraucht. Zu ihr kommt man so, daß man die aus Kalköfen abziehenden Gase mittels Luftpumpen daraus heraussaugt und in die Laugen hineintreibt. Wird nämlich der in der Natur vorkommende Kalkstein in Kalköfen zu Ätzkalk gebrannt, wovon wir zu Beginn des Vortrages sprachen, so zerfällt er durch die Hitze in seine beiden Bestandteile, Kohlensäure und Ätzkalk. Indem nun zugleich das Heizmaterial des Ofens durch seinen verbrennenden Kohlenstoff auch Kohlensäure liefert, sind die aus einem solchen Ofen entweichenden Gase besonders reich an kohlensaurem Gas. Sie dienen daher in vielen Industrien als Quelle für Kohlensäure.

Das auf dem beschriebenen Wege beim Solvay-Prozeß erhaltene Produkt, das doppeltkohlensaure Natron, muß nun noch, um Soda zu sein, in einfach kohlensaures Natron übergeführt werden. Dies macht keine Schwierigkeiten, indem es zu dem Zweck nur leicht erhitzt zu werden braucht, wobei das zweite Molekül Kohlensäure entweicht, und Soda (einfach kohlensaures Natron) zurückbleibt.

In den Laugen, aus welchen das doppeltkohlensaure Natron sich ausgeschieden hat, bleibt beim Solvay-Verfahren also das Chlorammonium, und muß das Ammoniak daraus wiedergewonnen werden, um immer von neuem in der Fabrikation verwendet zu werden; sonst wäre der Solvay-Prozeß natürlich viel zu teuer. Ammoniak als Base wird durch jede stärkere Base verdrängt. Kocht man daher die Lauge mit Ätzkalk, den also die Kalköfen der Fabrik gleichzeitig mit der Kohlensäure liefern, so wird der Kalk als stärkere Base das Ammoniak aus der Flüssigkeit austreiben. Natürlich wird es sofort in eine neue Portion Kochsalzlösung geleitet, zirkuliert also ununterbrochen in der Fabrikation.

Jetzt hat man als letztes Nebenprodukt noch die mit Kalk ausgekochte Chlorammoniumlauge, die nun an dessen Stelle Chlorkalzium

Chlorammonium + Kalk = Chlorkalzium + Ammoniak

enthält. Für diese Lösung oder das daraus durch Eindampfen darstellbare feste Chlorkalzium, welches nicht mit Chlorkalk zu verwechseln ist, gibt es kaum Verwendung; infolge der massenhaften Nebengewinnung der Lösung bei dieser Art der Sodafabrikation bleibt nichts anderes übrig, als sie in den nächsten Fluß laufen zu lassen.

Hieraus folgt, daß der Solvay-Prozeß in keinem Stadium der Fabrikation das Chlor, das im Kochsalz steckt, gewinnen kann, sondern es schließlich als Chlorkalzium weglaufen läßt. Im Leblancschen Verfahren dagegen gewann man es, wie wir sahen, in Form von Salzsäure, die an sich oder auf Chlorkalk usw. verarbeitet einen bedeutenden Wert repräsentiert. So ist denn

vom LEBLANC-Prozeß nur das Anfangsstadium übergeblieben. Es gibt Fabriken, die Kochsalz mit Schwefelsäure zur Gewinnung von Salzsäure erhitzen. Aber sie verarbeiten das gleichzeitig gewonnene schwefelsaure Natron nicht mehr auf Soda, sondern verkaufen es an Glasfabriken, die es zum Glasmachen (siehe im zehnten Vortrag) verwenden.

Dazu kommt noch folgendes. Der elektrische Strom vermag, worauf wir im elften Vortrag noch ausführlich zurückkommen, Substanzen geradezu in die Elemente, aus denen sie bestehen, zu zerlegen. Und so stellt man jetzt in Gegenden, in welchen Wasserkräfte die Elektrizität billig zu erzeugen gestatten, mit Hilfe der Elektrizität aus Chlornatrium (Kochsalz) oder Chlorkalium, welches doch Staßfurt (siehe Seite 51) so massenhaft liefert, direkt Chlor her. Gleichzeitig werden hierbei das Natrium und Kalium in der wertvollen Form von Ätznatron oder Ätzkali mitgewonnen. Die Verwendung dieser „Alkalien" in der Papierindustrie kennen wir bereits, und lernen sie in der Seifenindustrie noch weiter kennen.

Wenig stimmen derartige Verhältnisse mit den allgemeinen Anschauungen der Moralphilosophie überein, denen zufolge jede ehrliche Arbeit auch ihren Lohn erhalten soll. Hier sehen wir gerade, wie eine ehrliche Arbeit einer anderen ebenso ehrlichen den Boden abgräbt, wie das eben immer geht, wenn besseres Neue das Ältere ersetzt.

Ist der Verbrauch an Soda sehr groß und hat aus vielen Industriezweigen die Pottasche verdrängt, so ist immerhin noch ein recht bedeutender Bedarf auch an Pottasche übrig geblieben. Sie wird größtenteils noch aus Holzasche gewonnen, woran in neuester Zeit der Kaukasus sich in hervorragendem Maße beteiligt. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts sind außerdem zwei weitere recht seltsame Quellen für Pottasche erschlossen worden. Eine ist die Melasse, die andere der Wollschweiß.

Melasse ist jene letzte Mutterlauge der Zuckerfabrikation (siehe Seite 83), aus der man jetzt den Zucker als solchen zu gewinnen versteht. Trotzdem wird noch viel davon auf Spiritus

verarbeitet, indem ihr Zucker vergoren wird, oder sie wird als Viehfutter verwertet. Nach dem Abdestillieren des aus der Melasse gewonnenen Spiritus hinterbleibt auch hier eine Schlempe (siehe Seite 119). Nur hat diese gar keinen Nährwert, da sie ja nur die Salze enthalten kann, die beim Auslaugen der Rüben für die Zwecke der Zuckergewinnung (siehe Seite 82) seinerzeit mit in die Lösung gingen, aus der der Zucker auskrystallisiert ist. Sie sind, da sie dem Erdboden entstammen, sehr kalireich. Dampft man deshalb diese Melassenschlempe zur Trockene und verkohlt sie, so kann man schließlich aus dem Rückstand, der den Namen Schlempekohle führt, wie sonst aus dem Rückstand verbrannter Pflanzen, die Pottasche mit Wasser auslaugen.

Ein noch merkwürdigeres Ausgangsmaterial dafür ist das oben als zweites erwähnte. Diejenigen Fabriken, die sich mit dem Waschen der Schmutzwollen beschäftigen, wie sie in größten Quantitäten von Australien, Afrika und Südamerika nach Europa importiert werden, haben in ihren Waschwässern bedeutende Mengen von Wollschweiß. Da dieser, wie Untersuchungen gelehrt haben, sehr reich an Kalisalzen ist, erhält man, wenn man die Waschwässer zur Trockene dampft und ihren Rückstand glüht, ebenfalls eine stark pottaschehaltige Kohle, aus der ihre Darstellung als für Handelszwecke lohnend fabrikmäßig betrieben wird.

Für die Herstellung von Seife, zu der wir jetzt übergehen, sind nun weder Pottasche, also kohlensaures Kali, noch Soda, also kohlensaures Natron, direkt verwendbar. Sie beide wirken auf Fette, und Seife wird aus Fetten hergestellt, nicht ein. Sie müssen dazu erst in ätzendes Alkali, also in Ätzkali, bzw. in Ätznatron übergeführt werden, und das geschieht folgender Art.

Wir haben Seite 190 erfahren, daß, wenn man den sich vielerwärts in der Natur findenden Kalkstein, der doch kohlensaurer Kalk ist, glüht, er in Kohlensäure und Ätzkalk zerfällt. Der sehr naheliegende Gedanke, auf dem gleichen Wege kohlensaures Kali in Ätzkali und kohlensaures Natron in Ätznatron verwandeln zu wollen, erweist sich nun in der Wirklichkeit als

unausführbar. Der Grund dafür ist einfach der, daß diese beiden Verbindungen völlig feuerbeständig sind, also die Hitze eines Glühofens ertragen, ohne in ihre Bestandteile, die Kohlensäure und das Ätzkali bzw. Ätznatron, zu zerfallen. Aber im Gegensatz zu dem in Wasser unlöslichen Kalkstein sind Pottasche sowohl wie Soda in Wasser löslich. Setzt man nun zu ihren Lösungen gebrannten Kalk, so reißt dieser ihre Kohlensäure an sich, indem er sich damit wieder in der Kälte zu kohlensaurem Kalk verbindet, also wieder in die Verbindung übergeht, aus der er einst im Kalkofen entstanden ist. Da der kohlensaure Kalk in Wasser ganz unlöslich ist, so kann man jetzt die darüberstehende Flüssigkeit von ihm abgießen. Sie enthält nun keine Kohlensäure mehr, damit hat sich ja der Kalk verbunden. So ist denn durch die Behandlung mit Kalk, wenn man die Flüssigkeit durch Auflösen von kohlensaurem Kali hergestellt hatte, darin nur noch das Ätzkali, und war man bei ihrer Herstellung von kohlensaurem Natron ausgegangen, nur noch das Ätznatron vorhanden. Folgende Gleichungen geben den Vorgang in Kürze wieder.

Kohlensaures Kali + Ätzkalk = Ätzkali + kohlensaurer Kalk.
Kohlensaures Natron + Ätzkalk = Ätznatron + kohlensaurer Kalk.

Auf diese Art kommt man also zur Ätzlauge der Seifensieder. Kocht man damit Fette, von denen wir ja wissen (siehe Seite 21), daß sie fettsaures Glycerin sind, so werden sie zerlegt, und zwar nach folgenden Gleichungen:

Fettsaures Glycerin (Fett) + Ätzkali = Fettsaures Kali (Schmierseife) + Glycerin.
Fettsaures Glycerin (Fett) + Ätznatron = Fettsaures Natron (Toilettenseife) + Glycerin.

Schon Plinius der Ältere spricht davon, daß man in Germanien durch Kochen von Asche mit Fett eine Salbe bereite; doch wird sie erst etwa im zweiten Jahrhundert nach Christus als Reinigungsmittel verwendet, dient aber auch zu jener Zeit noch weit mehr als Medikament als zu diesem Zweck. Weiterhin weiß man dann, daß Marseille schon ums Jahr 1000 eine

blühende Seifenindustrie hatte, der eine eigentliche Konkurrenz erst in der venetianischen Fabrikation im fünfzehnten Jahrhundert erwuchs, von welcher Zeit ab sich die Kunst der Herstellung der Seife allmählich über die ganze Welt verbreitete.

Da man von den chemischen Vorgängen, die zur Bildung der Seife aus dem Fette führen, keinen Begriff hatte, blieb diese Fabrikation ein völlig empirisch betriebenes Handwerk, bis der französische Chemiker Chevreul zu Anfang des vorigen Jahrhunderts die Natur der Fette, nämlich deren Zusammensetzung aus Fettsäuren und Glycerin, erkannte. Damit kam denn auch Klarheit in die Seifenfabrikation, und nachdem hernach außer der teuren Pottasche auch die billige Soda für ihre Bereitung zur Verfügung stand, begann jene Massenfabrikation, die sie heute auch dem Ärmsten zugänglich macht.

Hatte man in alten Zeiten nur den tierischen Talg und etwa Olivenöl als Fette verwenden können, wodurch ehemals dieser Industrie eine gewisse Stetigkeit gegönnt war, so kamen mit der Ausbreitung des Handels immer neue Fette und Öle, die aus anderen Erdteilen eingeführt wurden, für ihre Fabrikation auf, die wieder besonders behandelt sein wollten, und viel Nachdenken seitens der Seifensieder verlangten; wollten sie neben dem fleißigen Nachbar existenzfähig bleiben.

Es hat bekanntlich jemand einmal die Behauptung aufgestellt: Alles Unglück kommt vom Reisen. Hier könnte man sich an dieses Wort erinnert finden. Aber besser würde es wohl lauten: Aller Fortschritt kommt vom Reisen. Denn die Auffassung teilen wir doch eigentlich nicht, daß der Fortbestand des Schlendrians früherer Jahrhunderte ein Glück sein würde.

Außerdem liefert jetzt auch manche Industrie Fett als Nebenprodukt. Das gilt namentlich vom Knochenfett.

Wir haben ja einmal ausführlich die Ausnutzung der Knochen (siehe Seite 46) besprochen. Für die dort angegebenen Verwendungen ist deren Fettgehalt belanglos, und so entzieht man ihnen denselben erst, bevor man sie für jene Zwecke benutzt. In älteren Zeiten kochte man sie kräftig, worauf ihr Fett schließlich

auf dem Wasser schwamm. Doch war der Erfolg des Verfahrens ein ziemlich unvollkommener. Heute extrahiert man sie dagegen nach passender Zerkleinerung in geeigneten Apparaten mit Benzin, das ja die Fette auflöst. An dieses geben sie ihren gesamten Vorrat, der fast 10 Prozent beträgt, ab.

Der große Unterschied nun, ob die Fette mit Ätzkali oder Ätznatron verseift werden, ist, wie wir schon aus den Gleichungen ersahen, daß die Kaliseifen die „Schmierseifen“ sind, weich bleiben, daß die Natronseifen dagegen hart sind.

Zur Herstellung der Schmierseifen verwendet man möglichst billige Öle, wie Tran, Hanföl, Leinöl, und kocht diese in einem eisernen Kessel mit der Kalilauge. Hat die Lauge allmählich eingewirkt, so nimmt der Inhalt des Kessels eine leimige Beschaffenheit an, womit im großen und ganzen die Schmierseife fertig ist. Sie besteht sonach aus fettsaurem Kali, derjenigen Verbindung, die die eigentliche Seife repräsentiert, und ihr bleibt das Glycerin aus dem Fett, und das Wasser aus der Kalilauge beigemengt. So hergestellte Seife trocknet also nie an der Luft aus, bleibt immer weich. Man kann sie auch noch füllen, d. h. sie verträgt viele Zusätze, ohne daß man es ihr anzusehen vermag. So kann sie in Mengen z. B. Wasserglas (das ist kieselsaures Natron, siehe später beim Glas) aufnehmen, aber auch Lösungen von schwefelsaurem Kali und anderes werden verwendet. Für ihre reinigende Kraft sind solche Zusätze ganz überflüssig, aber sie helfen ihre Masse vermehren, und da sie an sich noch billiger als Schmierseife sind, können mit ihrer Hilfe dem Publikum solche gefüllten Seifen außerordentlich wohlfeil angeboten werden.

Da man vor Erfindung der Soda, wie wir jetzt wissen, nur das aus der Pottasche dargestellte Ätzkali zum Verseifen zur Verfügung hatte, so konnte man in alten Zeiten direkt nur Schmierseifen darstellen. Sehr früh fand man aber schon heraus, daß, wenn man zu dem auf diesem Wege erhaltenen Seifenleim Kochsalz setzt, eine große Veränderung eintritt. Infolge des Aussalzens setzt sich daraus eine Flüssigkeit ab, die sogenannte Unterlauge, die man wegfließen läßt, und der Seifenleim, der nun

viel wasserärmer ist, geht in eine weiße halbfeste Masse über, die beim Abkühlen hart wird. Wie viele intelligente Seifensieder früherer Jahrhunderte mögen sich den Kopf über die Ursache dieser härtenden Kraft des Kochsalzes zerbrochen haben!

Der Grund der Änderung ist, wie wir heute wissen, der, daß das Kochsalz, also Chlornatrium, auf die Seife, also das fettsaure Kali, so einwirkt, daß sich infolge von doppelter Umsetzung Chlorkalium und fettsaures Natron bilden.

Fettsaures Kali +	Chlornatrium =	Fettsaures Natron + Chlorkalium
(Schmierseife)	(Kochsalz)	(Harte Seife)

Fettsaures Natron kann nicht alles aus der Lauge herstammende Wasser binden. Dieses scheidet sich deshalb als Unterlauge ab, indem es gleichzeitig das durch die Verseifung aus dem Fett abgespaltene Glycerin und das Chlorkalium gelöst enthält, wodurch diese damit zusammen entfernt werden. Genügt ein einmaliges Aussalzen nicht, um die Seife genügend zu härten, so wird die Prozedur wiederholt. Nach dem Erstarren liefert der so behandelte Seifenleim die echten Toilettenseifen. Da das Aussalzen nie vollständig gelingt, enthalten diese immer noch etwas fettsaures Kali, also nicht erstarrende Seife, und diese erteilt ihnen jene für den Gebrauch so angenehme Geschmeidigkeit. 100 Teile Talg geben nach diesem Verfahren verarbeitet etwa 160 Teile Kernseife.

Heute stellt man jedoch die bei weitem meisten Natronseifen so her, daß man die Fette sogleich mit Natronlauge, die seit Erfindung der Soda ja leicht zu haben ist, kocht, welches Verfahren die harten Seifen dann direkt liefert.

Aber auch die Natronseifen können gefüllt werden. Läßt man nämlich den durch das Verseifen auf diesem Wege erhaltenen Seifenleim nachträglich noch längere Zeit mit Wasser sieden, so erstarrt er nachher ebenfalls, ohne daß eine Abscheidung der Unterlauge stattfindet, zu einer harten Masse. Das fertige Produkt führt jetzt den Namen geschliffene Seife. Es enthält etwa 50 Prozent Wasser.

Hochgradig gefüllte Natronseifen lassen sich aber eigentlich nur mit Hilfe von Kokosnußöl herstellen.

In den àn Kokospalmen reichen tropischen Gebieten wird das weiße Fruchtfleisch ihrer Nüsse getrocknet, und unter dem Namen Kopra nach Europa versandt. Hier gewinnt man daraus durch Auspressen bis 68 Prozent ihres Gewichtes an Fett, das erst um 21° herum schmilzt, also bei gewöhnlicher Temperatur ziemlich fest ist. Daher führt es den Namen Kokosbutter.

Man hat denn auch aus dem Kokosnußöl mit Erfolg einen Butterersatz hergestellt, indem man durch Einleiten von gespanntem Dampf in das geschmolzene Öl die leicht flüchtigen Substanzen daraüs entfernt. Das Öl wird gleichzeitig noch mit etwas Sodalösung durchgerührt. Dadurch gehen die freien Fettsäuren in Form von fettsaurem Natron in die Sodalösung über. Schöpft man jetzt das geschmolzene Öl wieder ab, so erstarrt es butterähnlich, und hat jeden ranzigen Geschmack verloren. Unter Namen wie Palmin usw. gelangt es in den Handel.

Kokosnußöl für sich allein verarbeitet man nicht auf Seifen wegen des sehr unangenehmen Geruchs, der, wie die Erfahrung lehrt, diesen schließlich anhaftet, sondern man nimmt 1 Teil Kokosnußöl und 2 Teile Palmöl und wohl auch etwas Talg.

Das Palmöl stammt von der Ölpalme, die an der Westküste Afrikas und in Mittelamerika viel vorkommt. Es ist in dem Fruchtfleisch sowie den Fruchtsamen reichlich vorhanden. Das Fruchtfleisch kochen die Eingeborenen zur Fettgewinnung aus, während die Samen, die sehr harten Palmkerne, in Europa ausgepreßt werden. Sie liefern hier etwa 40 Prozent ihres Gewichtes an Palmkernfett, und in Form ihrer Rückstände, unter dem Namen Palmkuchen, ein vorzügliches Futter speziell für Milchvieh (siehe Seite 64).

Das Kokosnußöl verseift sich außerordentlich leicht, und überträgt diese leichte Verseifbarkeit auf seine Mischungen mit anderen Fetten. Erwärmt man sie unter Rühren mit starker Natronlauge, der man etwas Soda zusetzt, nur bis etwa 40° Celsius, so tritt schon völlige Verseifung ein, womit nach dem Erkalten die harte Seife fertig ist, indem eben die Eigenschaft des Kokosnußöles die ist, daß die ganze Flüssigkeit hernach

ohne weiteres erstarrt. Dadurch, daß sie alles Wasser der verwendeten Lauge usw. einschließt, bekommt man so aus 100 Teilen des Ölgemisches 300 bis 600 Teile Seife, oder die doppelte bis vierfache Ausbeute im Verhältnis zu dem, was Talg an Kernseife liefert.

Nun hören wir auch manchmal etwas von Harzseifen. Aus Harz allein, als welches hauptsächlich Kolophonium dient, läßt sich eine im gewöhnlichen Leben brauchbare Seife nicht herstellen, weil sie gar zu mangelhaft ausfällt, wohl aber ist uns eine Lösung, wie sie durch Kochen von Harz mit Natronlauge erhalten wird, bereits in der Papierfabrikation (siehe Seite 179) als Leimungsmittel begegnet. Stellt man nun aus Talg oder Palmöl Seife dar, so kann man während der Fabrikation dem siedenden Seifenleim etwa die Hälfte vom verwendeten Fett an Harz zusetzen, das nun von der Natronlauge mitgelöst wird, und die sehr wohl brauchbare und sehr wohlfeile Harztalgseife liefert.

Kocht man also Talg oder ihm ähnliche Fette und Öle mit Kalilauge oder Natronlauge, so erhält man die eigentlichen Seifen. Wir wissen ja aber, daß es sehr viel mehr Alkalien als die genannten beiden gibt, folglich muß man auch andere Verbindungen als diese beiden Seifenarten zwischen den Fettsäuren und Alkalien herstellen können.

Da kommt zuerst das in chemischer Beziehung stärkste Alkali, das es überhaupt gibt, das ist der gelöschte Kalk, in Betracht.

Und so gibt es auch, wie uns die Theorie voraussehen läßt, solchen fettsauren Kalk. Nur ist er im Wasser ganz unlöslich, liegt darin wie irgend ein anderes unlösliches Pulver tot da, und das Wasser ist durchaus kein Seifenwasser im gewöhnlichen Sinne, indem es nicht schäumt usw.

Der fettsaure Kalk erweist sich im Leben recht störend. Infolge seiner Unlöslichkeit scheidet er sich momentan als Niederschlag aus, wenn sich ihm Gelegenheit bietet, sich zu bilden. Bringen wir Seife, also fettsaures Natron oder fettsaures Kali, in gewöhnliches Wasser, so entsteht deshalb sogleich fettsaurer

Kalk. Alles Wasser, abgesehen vom destillierten, enthält nämlich Kalk, wie das ja allgemein bekannt ist. In unserem Gebrauchswasser also wird er sich stets auf Zugabe von Seife bilden, und die Menge Fettsäure, die er bindet, ist für Reinigungszwecke verloren.

Je mehr Kalk ein Wasser enthält, um so mehr davon entsteht, um so größer ist der Seifenverlust. Denn erst nachdem aller Kalk als fettsaurer Kalk gebunden ist, kann nunmehr weitere Seife das Wasser in Seifenwasser verwandeln, kann die Seife das Schäumen veranlassen, demselben die reinigenden Eigenschaften, die wir davon erwarten, erteilen.

Im gewöhnlichen Leben unterscheidet man deshalb die weichen und die harten Wässer. Die weichen Wässer wie das Flußwasser sind arm an Kalk; sie geben mit wenig Seife bereits Schaum, während die harten Wässer, die Quellwässer, die sehr reich daran sind, erst einen ziemlichen Teil davon für die Bildung von fettsaurem Kalk verbrauchen, bevor auch sie schäumen. In großen Waschanstalten setzt man deshalb dem Wasser, das zum Waschen dienen soll, etwas Soda zu. Diese fällt den Kalk als kohlensauren Kalk aus, der nun nicht mehr auf Seife wirken kann. Daher geht nachher, wenn mit Seife gewaschen wird, nichts von ihr in Form von fettsaurem Kalk verloren. Die Seifenersparnis beträgt bei kalkreichem Wasser 20 Prozent und mehr.

Aus dem angegebenen Grunde sind die Verbindungen der in den Seifen vorhandenen Fettsäuren mit Kalk praktisch nicht verwertbar. Die Verhältnisse liegen aber anders, wenn man als Alkali Bleioxyd verwendet, also Fette statt mit Lauge damit kocht. Es bildet sich dann fettsaures Blei, also eine Bleiseife, und diese Verbindung ist das, was wir Pflaster nennen. Unter Pflaster verstehen wir bekanntlich eine Masse, welche zäher und härter als eine Salbe, aber ganz wie diese bestimmt ist, als äußerliches Heilmittel verwendet zu werden. Man benutzt die reine Bleiseife. Auch modifiziert man ihre Eigenschaften durch Zusätze aller Art. So ist das deutsche Heftpflaster meist ein auf Leinen gestrichenes Gemisch von 500 Teilen auf 60 bis

80 Grad erwärmter Bleiseife, mit 50 Teilen Wachs, sowie 50 Teilen geschmolzenem Dammarharz und Kolophonium, dem 5 Teile Terpentin zugesetzt worden sind.

Ganz etwas anderes ist, um das nebenbei zu erwähnen, das Englischheftpflaster. Dies wird so erhalten, daß man in einen Rahmen gespannten Taffet mehrmals mit einer Lösung von allerbestem Leim in verdünntem Spiritus überpinselt, bis eine Probe schließlich nach dem Wiederanfeuchten gut auf der Hand klebt. Mit Benzoëharzlösung oder ähnlichem wird es ein wenig parfümiert.

Zehnter Vortrag.

Glas. Spiegel. Kali- und Natrongläser. Quarzglas. Straß. Rubinglas. Milchglas. — Ton. Lehm. Ziegel. Mörtel. Kalksandsteinziegel. Zement. Glasur. Töpferware. Steingut. Majolika. Porzellan. — Photographie. Höllenstein. Chlor-Brom-Jodsilber. Daguerreotypie. Entwickelung der Negative. Talbotypie. Eiweißverfahren. Nasses Kollodiumverfahren. Trockene Bromsilberemulsionsplatten. Platinotypie. Photographie des Spektrums. Rotes Licht. Retouche. Farbenempfindliche Platten. Buntphotographie. Chromgelatine. Pigmentdruck. Röntgenstrahlen.

Wir lernten in der Seifenfabrikation das kieselsaure Natron, das Wasserglas, als ein leicht in Wasser lösliches Salz kennen, das zur Füllung von Seifen Verwendung findet. Dieses und das kieselsaure Kali sind die einzigen in Wasser löslichen Verbindungen der Kieselsäure. Aber auch sie verlieren ihre Wasserlöslichkeit, wenn sie gemischt mit anderen kieselsauren Salzen verschmolzen werden.

Schmilzt man daher z. B. Kieselsäure mit Kali und mit Kalk zusammen, so ist die erhaltene Schmelze eine Mischung von kieselsaurem Kali mit kieselsaurem Kalk, und daher eine in Wasser völlig unlösliche Masse. Wir nennen sie Glas, wenn sie mit der nötigen Erfahrung hergestellt und in für uns brauchbare Formen gebracht ist.

In der Praxis schmolz man denn auch von alters her für die Glasfabrikation Kieselsäure (Sand) mit Pottasche, das ist also kohlensaures Kali als Lieferanten für das Kali, und kohlensaurem Kalk als Lieferanten für den Kalk zusammen. In der Hitze des Schmelzofens treibt die Kieselsäure als die im chemischen Sinne stärkere Säure die Kohlensäure aus den beiden anderen Verbin-

dungen aus. Nachdem sie gasförmig entwichen ist, besteht die Schmelze daher schließlich aus dem Gemisch von kieselsaurem Kali und kieselsaurem Kalk, und ist nach dem Erkalten das, was wir Glas nennen.

Kieselsäure + kohlensaures Kali = kieselsaures Kali + Kohlensäure
Kieselsäure + kohlensaurer Kalk = kieselsaurer Kalk + Kohlensäure.

Da man die kieselsauren Salze in der chemischen Nomenklatur unter dem Namen Silikate zusammenfaßt, ist Glas ein zusammengeschmolzenes Gemisch mehrerer Silikate.

Man braucht sich, wie aus unserer eine recht umfassende Deutung zulassenden Definition folgt, nun nicht streng an Kieselsäure, Pottasche und kohlensauren Kalk zu halten, und wirklich ersetzt man in den Gläsern bald den einen, bald den anderen der Bestandteile ganz oder teilweise durch eine andere Säure oder eine andere Base, die sich für die Fabrikation als geeignet erwiesen hat. Die wichtigsten davon werden wir im folgenden zu besprechen haben.

Zum Zusammenschmelzen der in der Glasfabrikation verwendbaren Materialien ist stets eine recht hohe Temperatur erforderlich. Dies allein schon genügt, um die Plinius sche Erzählung von der Erfindung des Glases ins Reich der Fabel zu weisen, zufolge welcher phönizische Kaufleute ein Feuer unter einem Gefäß gemacht haben sollen, das sie mit Hilfe von Stücken Soda [1]) hohl stellten. Indem nun durch die Hitze die Soda schmolz, habe sie mit dem Sande, also der Kieselsäure des Bodens, und dessen sonstigen Bestandteilen Glas geliefert. Ein Feuer, wie das erwähnte, genügt aber durchaus nicht zum Glasschmelzen. Wenn trotzdem Glas uralt bekannt ist, wie das aus Gräberfunden folgt, braucht es uns nicht zu wundern, weil man vom Metallschmelzen her schon sehr früh in der Herstellung hoher Temperaturen Übung hatte.

---

1) So übersetzen die Philologen das Wort. Sicher ist natürlich, daß Plinius das, was wir heute als Soda anzusehen gewöhnt sind, nicht gekannt hat.



Im klassischen Altertum war Glas recht kostbar, und im Buche Hiob heißt es sogar „An Wert kommen der Weisheit Gold und Glas nicht gleich“. Die berühmtesten Fabriken des Mittelalters befanden sich zu Murano bei Venedig, wo die Fabrikation, nachdem sie fast zugrunde gegangen war, in unserer Zeit neu belebt worden ist. Heute wird Glas wohl in jedem Lande fabriziert, dessen Arbeitslöhne nicht gar zu hoch sind.

Seine uns ganz selbstverständlich erscheinende und durch nichts anderes zu ersetzende Verwendung als Fensterglas kam infolge des hohen Preises, in dem es stand, erst sehr allmählich in Aufnahme. Kein altgriechisches oder altrömisches Haus hatte Glasfenster, und ebensowenig kannte man dieselben in den Palästen Karls des Großen oder Wilhelms des Eroberers. Nachdem man Kirchen schon im zehnten Jahrhundert damit ausgestattet hatte, kamen sie in reichen Privathäusern etwa im vierzehnten Jahrhundert in Gebrauch. Aber es hat noch weitere Jahrhunderte gedauert, bis sie die ausgespannte tierische Blase, das geölte Papier und die festen Fensterladen völlig verdrängten. Die ganz besondere Vorliebe, mit der die frühmittelalterlichen deutschen Dichter den wiederbeginnenden Frühling besingen, mag zum Teil hiermit zusammenhängen. Erlöste er doch nach dem langen Winter die Menschen vom Sitzen in halbdunkelen meist nur durch flackernde Kienspäne erhellten Räumen.

Die Glasfabrikation braucht also Kieselsäure. Diese steht ihr in Form von Sand, welcher chemisch Kieselsäure ist, oder als Quarz, der die Kieselsäure im krystallisierten Zustande darstellt, zur Verfügung. Je reiner das Rohmaterial ist, um so besser ist es verwendbar. Namentlich ein Gehalt an Eisen ist störend, indem das kieselsaure Eisen, das sich bei seiner Gegenwart in der Fabrikation bildet, sehr dunkel gefärbt ist. Dies ist der Grund für die stets dunkle Färbung billiger Gläser. Es sei in der Beziehung an die Weinflaschen erinnert. Auch war in älteren Zeiten alles Fensterglas grünlich, indem ganz eisenfreier Sand selten und daher vielerorts gar nicht zu haben war. Heute wird er mit Hilfe der modernen Verkehrsmittel weithin verschickt.

Nur in sehr seltenen Fällen gibt man in Gläser als teilweisen Ersatz der Kieselsäure die viel teurere Borsäure. Sie erteilt denselben einen hohen Grad von Glanz, und macht sie außerdem für manche optische Zwecke besonders brauchbar.

Da jedes brauchbare Glas Kali oder Natron enthalten muß, und in älteren Zeiten nur Kali in Form der Pottasche zu haben war, kannte man auch nur kalihaltige Gläser. Der Bedarf an letzterer war mit ein Grund, daß man namentlich in Deutschland die Glasfabriken gern in Wäldern anlegte. Sie lieferten einmal das nötige Brennmaterial für den Betrieb der Schmelzöfen, und die erhaltene Holzasche (siehe Seite 50) diente gleichzeitig zur Herstellung der Pottasche, von der diejenige Menge, die über diese Selbsterzeugung hinaus gebraucht wurde, ebenfalls in solchen Gegenden am leichtesten zu haben war.

Als Ersatz der Pottasche kam dann die Soda auf. Aber die Sodafabrikation liefert in sich für die Glasfabrikation ein noch billigeres Ersatzmittel, was man bald herausfand. Wie wir wissen, erfordert diese Fabrikation, wenn sie nach LEBLANCS System erfolgt, als erstes Stadium die Überführung des Kochsalzes in schwefelsaures Natron. Und schwefelsaures Natron kann in der Glasschmelze an Stelle von Soda verwendet, braucht also für diesen Zweck nicht erst in Soda übergeführt zu werden, wenn man der Glasschmelze zugleich Kohle[1]) zusetzt. Es bildet sich daraus und der Kieselsäure dann ebenfalls kieselsaures Natron.

Der kohlensaure Kalk kommt zumeist in Form von Kreide zur Verwendung, indem diese, die in ihrem reinsten Zustande geradezu chemisch reiner kohlensaurer Kalk ist, sich leicht frei

1) Die Umsetzung geht so vor sich: Während die Kieselsäure das Natron in Beschlag nimmt, wirkt die gleichzeitig zugesetzte Kohle auf den zweiten Bestandteil des schwefelsauren Natrons, die Schwefelsäure ein. In der hohen Temperatur der Schmelze verbrennt die Kohle auf Kosten des Sauerstoffs der Schwefelsäure zu Kohlenoxydgas, das gasförmig entweicht. Wenn aber der Schwefelsäure Sauerstoff entzogen wird, so wird sie ihrerseits in schweflige Säure übergehen (siehe den umgekehrten Prozeß Seite 194). Diese ist, wie wir wissen, auch ein Gas, und sie entweicht ebenfalls als solches, weshalb in den fertigen Gläsern trotz Verwendung des schwefelsauren Natrons fast gar kein Schwefel vorhanden ist.



von störenden Beimengungen, namentlich fast oder ganz frei von Eisen, beschaffen läßt.

An die Stelle des Kalks können, wie erwähnt, in der Glasfabrikation eine ganze Reihe anderer Basen treten. Viel verwendet wird namentlich das Bleioxyd.

Schließlich schmelzen die Fabriken altes Glas wieder mit ein, und wandern aus diesem Grunde die Glasscherben massenhaft zu ihnen zurück.

Die Rohmaterialien der Glasfabrikation werden, nachdem sie mittels Maschinen aufs beste gemischt sind, in großen Häfen eingeschmolzen. Von den Schmelzöfen wird natürlich hohe Hitze bei möglichst geringem Brennmaterialverbrauch verlangt, weshalb sie jetzt zumeist mit Regenerativgasfeuerungen, auf deren Einrichtungen wir in der Eisenindustrie zurückzukommen haben, versehen werden.

Aus der Schmelze wird sodann vom Glasbläser mit Hilfe der sogenannten Glasmacherpfeife etwas Glas herausgeschöpft, das er durch Blasen in alle möglichen Formen bringt, wobei ihm ein zweiter Arbeiter, wenn das herzustellende Objekt komplizierter ist, helfen muß. Die Pfeife ist weiter nichts als ein Stück Metallrohr, das in der Mitte seiner Länge mit Holz bekleidet ist, damit es, wenn es auch selbst heiß wird, leicht anfaßbar bleibt. Die Herstellung gewöhnlicher Flaschen erfolgt jetzt auch mittels Maschinen. Die heißen fertiggestellten Glaswaren kommen in die Kühlöfen, in denen sie erst im Laufe einiger Tage völlig erkalten, da sie sonst so spröde werden, daß sie praktisch unverwendbar sind. Bemerkt sei, daß unser Fensterglas ebenfalls auf diesem Wege hergestellt wird. Durch das Blasen erzeugt der Arbeiter einen möglichst großen länglichen Zylinder, der schließlich mit der Schere aufgeschnitten wird. Er ist dann noch so weich, daß er sich glatt strecken läßt, worauf er in Plattenform in den Kühlofen wandert, den er als fertige Scheibe verläßt.

Eine Erfindung von großer Wichtigkeit war das Gießen des Glases, die ins siebzehnte Jahrhundert fällt. Zu dem Zwecke läßt man es im geschmolzenen Zustande auf genügend große

Metalltische, die mit einer Randerhöhung versehen sind, laufen. Jene großen Spiegelscheiben, die wir heute an den Kaufläden sehen, sind alle durch Abschleifen von auf diesem Wege erhaltenen Platten hergestellt. Die beliebige Dicke, in der man sie gießen kann, ermöglicht sie auch so stark herzustellen, daß sie zu Oberlichtfenstern, die in Fußböden eingelassen werden, dienen können. Für solche Zwecke werden sie natürlich nicht erst geschliffen.

Glasplatten dienen auch zur Herstellung der Glasspiegel, die die ehemaligen Metallspiegel längst verdrängt haben. Bis zu ihrer Erfindung bediente man sich schönpolierter Silberplatten, oder solcher, die aus zwei Teilen Kupfer und einem Teil Zinn, einer sehr weißen Legierung, zusammengeschmolzen waren. Infolge der Empfindlichkeit der Metalle und namentlich des Silbers, das so leicht schwarz wird, war deren Benutzung aber recht unbequem. Ganz anders die Glasspiegel, bei denen die spiegelnde Fläche durch Glas geschützt, völlig äußeren Einflüssen entrückt ist!

Um eine Glasplatte in einen Spiegel zu verwandeln, brachte man auf deren eine Seite ein Blatt Zinnfolie, d. h. dünngeschlagenes Zinn, das man mit Quecksilber übergoß. Letzteres löst das Zinn auf; es bildet sich ein Amalgam, wie man das nennt, und speziell dieses Amalgam hat die Eigenschaft erstens vorzüglich zu spiegeln, und zweitens sehr fest am Glase zu haften. Durch allmähliches Schiefstellen der ursprünglich horizontal liegenden Scheibe bewirkte man das Abfließen des überschüssigen Quecksilbers, das etwa vier Wochen Zeit erfordert, womit der Spiegel fertig war.

So hergestellt lassen diese kaum etwas zu wünschen übrig. Aber ihre Fabrikation ist für die dabei Beschäftigten höchst gefährlich, indem die Arbeiter einer allmählichen Vergiftung durch die Dämpfe des Quecksilbers ausgesetzt sind. Quecksilber verflüchtigt sich nämlich schon bei Zimmertemperatur, ähnlich wie Wasser, wenn auch in weit geringerem Grade als dieses.

Während bei dieser Art der Spiegelfabrikation also das Zinnamalgam die spiegelnde Fläche liefert, kannten die Chemiker

schon lange ein ganz anderes Verfahren, bei dem sich nicht ein Quecksilberamalgam, sondern Silber als spiegelnder Belag auf dem Glase abscheidet. Der Vorschlag, nach dieser Methode im großen zu arbeiten, ging von England aus.

Die Grundlage des Verfahrens — die genauen chemischen Vorgänge lassen sich hier nicht klarlegen — ist die, daß man Lösungen von Silber herstellen kann, aus denen das Metall durch gewisse Zusätze als solches wieder abgeschieden wird. Wählt man diese Zugaben passend, so fällt es nicht etwa rasch als Pulver aus, sondern nur ganz allmählich, und bedeckt die Wände des Gefäßes, in welchem diese langsame Abscheidung vor sich ging, als prachtvoll spiegelnder Belag. Zur einseitigen Versilberung des Glases auf diesem Wege verfährt man deshalb so, daß man diese Seite mit der passend gewählten Mischung begießt, worauf sie nach einiger Zeit versilbert ist. Da nun Silber das weißeste Metall ist, das es gibt, sind diese Spiegel auch ihren Vorgängern insofern überlegen, als ein mit Hilfe von Quecksilber hergestellter Spiegel, neben sie gehängt, vergleichsweise dunkel erscheint. Ihre Fabrikation ist, wie aus dem Mitgeteilten hervorgeht, infolge Fortfalls der giftigen Quecksilberdämpfe völlig unschädlich für die damit beschäftigten Arbeiter. Sie ist auch trotz der Verwendung von Silber an sich nicht teuer. Auf einem Quadratmeter Spiegelfläche schlagen sich nämlich nur etwa 2,5 Gramm an Metall nieder, die heute kaum einen Wert von 20 Pfennigen haben.

Ganz allgemein gilt der Satz, daß Kaligläser weit schwerer schmelzbar als Natrongläser sind. Deshalb werden Gegenstände aus Kaliglas eigentlich nur noch für Chemiker und Physiker hergestellt. Hinsichtlich der Glasgefäße, in denen in den chemischen Laboratorien so viel gekocht wird, sind die Fortschritte der neuesten Zeit, die ihre Grundlage in der vollen Ausnutzung unserer Kenntnisse von dem chemischen und physikalischen Verhalten des Glases haben, außerordentliche. Solche Gefäße müssen sehr dünn sein, damit sie sich rasch gleichmäßig erwärmen. In der Hand des Geübten ist trotzdem, infolge des gewohnheits-

mäßigen Umgehens damit, ihre Zerbrechlichkeit keine große. Während man aber bis um das Jahr 1895 bei ihrem Erhitzen stets vorsichtig sein mußte, gibt es jetzt eine Sorte von Glasgefäßen, die man z. B. mit Flüssigkeiten, die darin auf 180 bis 200° erhitzt sind, sofort in kaltes Wasser tauchen kann, ohne daß sie zerspringen, eine Leistung auf glastechnischem Gebiet, die man bis dahin kaum für möglich erachtet hatte. Und doch ist auch sie im Jahre 1902 völlig in den Schatten gestellt worden. In diesem Jahre gelang es nämlich, reinen Quarz in der Hitze des elektrischen Flammbogens zu einer genügend dünnflüssigen Masse zu schmelzen, um sie nach Art des Glases verarbeiten zu können. Die so gewonnenen Quarzgläser, die sich äußerlich in nichts vom eigentlichen Glase unterscheiden, aber wegen der schwierigen Herstellung sehr teuer sind, sind nun gegen Temperatureinflüsse einfach unempfindlich. Man kann solches Quarzglas geradezu glühend machen und gleich darauf in kaltes Wasser tauchen, ohne daß ihm diese Behandlung im geringsten schadet.

Die leichtschmelzbarsten Gläser, deren Besprechung wir an die schwerschmelzbaren anreihen wollen, werden durch Ersatz des größten Teils des Kalks durch Bleioxyd dargestellt. Solches Glas läßt sich ganz vorzüglich verarbeiten, und daraus werden auch durch Pressen jene schönverzierten Teller, Schüsseln, Aufsätze hergestellt, die jetzt so viel im Gebrauch sind. Natürlich zeigen die gepreßten Gläser nie die scharfen Kanten geschliffener Facetten, aber ihr Preis ist auch ein verhältnismäßig niedriger im Vergleich zu den nach dem teuren Schleifverfahren hergestellten Waren.

Verzichtet man ganz auf den Kalk und schmilzt ein Glas aus Kieselsäure, Pottasche und Bleioxyd zusammen, also ein reines Doppelsilikat von kieselsaurem Kali und kieselsaurem Blei, so erhält man den Straß. Dieses ist eine Glasmasse von so hohem Glanze, daß man damit alle Edelsteine nachahmen kann. Sind diese künstlichen Steine gut geschliffen und poliert, so sind sie äußerlich durch bloßes Ansehen in keiner Weise von jenen zu unterscheiden. Der Unterschied besteht aber darin,

daß sie, da das Bleiglas sehr weich ist, bei häufigem Tragen bald zerkratzt werden. Hierdurch gerade stehen sie in vollem Gegensatze zu den fast unzerstörbaren wahren Edelsteinen. Um die verschiedenen Arten derselben nachzuahmen, wird der Glassatz passend gefärbt.

Das Färben aller Gläser erfolgt durch Zugabe geeigneter Substanzen zur schmelzenden Glasmasse. So färbt sie sich durch Zusatz von Kobalt, wie wir schon Seite 172 erwähnten, blau. Das schönste gefärbte Glas ist sicherlich das Rubinglas, zu dessen Herstellung der geschmolzenen Masse Gold in einer geeigneten chemischen Verbindung, z. B. als sogenannter Goldpurpur zugesetzt werden muß. Dieses prachtvoll rote Glas findet fast nur in Form von Schalen für kostbare Tafelaufsätze und ähnliches Verwendung. Die Menge des zum Färben nötigen Goldes ist recht gering.

Nun haben wir noch zum Schluß das Milchglas zu erwähnen. Dieses wird dadurch erhalten, daß man der Glasmasse phosphorsauren Kalk, und zwar meist die Asche von Knochen (siehe Seite 47) zusetzt. In der Hitze erhält man dann eine klare Schmelze, die wie jedes andere Glas verarbeitet wird. Beim Abkühlen scheidet sich aber der phosphorsaure Kalk wieder aus, und erteilt dem fertigen Glase die gewünschte Undurchsichtigkeit. Dem phosphorsauren Kalk ähnlich wirken einige andere Materialien, wie der Kryolith, ein nur auf Grönland vorkommendes Mineral, welches Tonerde und Natron in Verbindung mit Fluor enthält, und dabei ganz eisenfrei ist.

Das mit Kryolith hergestellte Milchglas eignet sich besonders für Lampenschirme, indem man durch diese die betreffende Flamme nicht sieht, während sie durch das nach dem älteren Verfahren dargestellte Glas blutrot durchscheint.

Wir kommen nunmehr zu den Tonwaren.

In der Natur finden sich vielerorten Erdarten, die, wenn man sie mit Wasser anrührt, eine zähe Masse bilden, welche knet- und formbar ist. Man nennt sie Ton. Je nach den Bei-

mischungen, die sie enthalten, variiert ihre Verwendbarkeit und damit ihr Spezialname.

Am häufigsten findet sich der Lehm, das ist ein Ton, der schon ziemlich viel Sand enthält und durch einen Eisengehalt braungelb gefärbt ist. Bringt man ihn in die Form länglicher Stücke von rechteckigem Querschnitt, so bekommt man die Ziegel. Läßt man sie an der Luft austrocknen, so ist ihre Haltbarkeit sehr gering, indem jeder Regen sie wieder zum Zerfließen bringt. Immerhin dienen diese Luftziegel noch mancherwärts zum Ausfüllen der Zwischenwände von Fachwerksbauten.

Zu einem wirklich haltbaren Stein, zum eigentlichen Ziegel, werden die Luftziegel erst durch das Brennen. Für diese Prozedur setzte man sie, zwischen die man Lagen von Holz, Torf oder Steinkohle brachte, in alten Zeiten so zu einem Haufen zusammen, den man außen mit Lehm bewarf, daß das in Brand gesetzte Feuerungsmaterial sie möglichst erhitzte. Hierdurch tritt das sogenannte Sintern ein, das heißt, leicht schmelzbare Teilchen im Lehm erweichen so weit, daß sie sich fast verflüssigen. Dadurch ist das bei der Temperatur, die im Haufen herrscht, unschmelzbare Gerüst des Steines nach dem Erkalten zu einem festen Ganzen vereinigt, sozusagen zusammengeklebt. Indem in der Hitze zugleich der Eisengehalt des Lehmes in rotes Eisenoxyd übergeht, zeigen die fertigen Ziegel dessen Farbe.

Heutzutage brennt man sie in den sogenannten Ringöfen, die eine weit vollkommenere Ausnutzung des Brennmaterials ermöglichen. Nachdem sie Jahrtausende ohne Konkurrenten geblieben waren, ist ihnen ein solcher jetzt im Kalksandsteinziegel erstanden, auf den wir sogleich zurückkommen.

Wir wollen nämlich an dieser Stelle im Anschluß an die Ziegel sogleich den Mörtel und die Kalksandsteinziegel besprechen, indem sich später keine Gelegenheit dazu bietet. Der Mörtel, den man gewöhnlich bei Ziegelbauten benutzt, ist ein Gemisch von gelöschtem Kalk mit Sand.

Wird Kalkstein geglüht, so zerfällt er, wie wir wissen (siehe Seite 190), in seine Bestandteile Ätzkalk und Kohlensäure. Der

Ätzkalk ist eine Masse, die an Härte dem ungebrannten Kalkstein wenig nachgibt. Nur kommt ihm, wie erwähnt, die merkwürdige Eigenschaft zu, in Berührung mit Wasser sich völlig zu ändern, und so hart er im trockenen Zustande ist, unter dem Einfluß desselben völlig zu zerfallen. Der durch den Einfluß des Wassers auf den gebrannten Kalk erhaltene, sogenannte gelöschte Kalk läßt sich dann mit Wasser zu einem Brei anrühren. Dieser stellt mit Sand gemischt den gewöhnlichen Mörtel dar.

Er erhärtet zwischen den Ziegeln allmählich völlig, indem sein Kalkgehalt mit der Kohlensäure der Luft sich wieder zu kohlensaurem Kalk verbindet. Daher stammt der Gebrauch, brennende Kokskörbe in Neubauten aufzustellen. Sie liefern reichlich Kohlensäure und befördern so diesen Prozeß. Im Laufe der Jahrhunderte wirkt aber auch der Sand, welcher doch chemisch Kieselsäure ist, ein. Es bildet sich auch kieselsaurer Kalk, dem eine außerordentliche Festigkeit zukommt. Und daraus erklärt sich die große Festigkeit sehr alter Ziegelbauten. Nicht die Alten haben so festen Mörtel gemacht, sondern das Alter.

Dieses weiß man sehr lange. Aber aus ihm eine praktische Nutzanwendung zu ziehen, weiß man erst seit dem Jahre 1896. Kieselsaurer Kalk ist also sehr fest, bildet sich in der Kälte aber sehr langsam im Mörtel. Erhitzt man jedoch Sand mit gelöschtem Kalk, so bildet er sich sehr rasch. Darauf beruht die in jenem Jahre in Gang gekommene und jetzt schon recht ausgedehnte Fabrikation der „Kalksandsteinziegel“. Zu ihrer Herstellung preßt man ein Gemisch von Sand mit gelöschtem Kalk in Ziegelform, und erhitzt die Masse in einem geschlossenen Kessel auf über 100°. Hierauf sind die Ziegel, die eine fast weiße Farbe zeigen, nach dem Erkalten so hart und so widerstandsfähig gegen Luft, Wasser und Frost, daß sie jetzt bei Bauten ganz nach Art der aus Ton gebrannten Ziegel Verwendung finden. Die Herstellung der Kalksandsteinziegel ist, da sie in einer Art von Dampfkessel gehärtet werden müssen, nur im Großbetriebe lohnend. Doch hat man seit dem Jahre 1903 auch diese Unbequemlichkeit überwunden. An Stelle von gebranntem Kalk nimmt man nämlich Zement (siehe sogleich weiterhin).

Steine aus Sand und Zement sind allerdings nicht sofort sondern erst nach mehrwöchentlichem Liegen an der Luft genügend hart, aber das hat ja nicht viel zu bedeuten. So kann denn jetzt jeder Besitzer einer Sandgrube mittels einer einfachen, besonders für diesen Zweck konstruierten Formmaschine sich seinen Bedarf an Ziegeln fast mühelos selbst fabrizieren.

Der gewöhnliche Mörtel kann nur an der Luft erhärten, weil Kohlensäure dazu nötig, und ist deshalb zu Bauten unter Wasser nicht zu verwenden. Enthalten Mörtel jedoch vom gebrannten Rohmaterial her gewisse Beimischungen, z. B. ziemlich viel Ton, also Kieselsäure und Tonerde, so zeigen sie die Eigenschaft, unter Wasser zu erhärten. Man nennt solche Mörtel heutzutage Zemente. Das Altertum kannte sie bereits, indem in der Natur manche stark tonhaltigen Kalksteine vorkommen, die aus diesem Grunde Wassermörtel, Zement, liefern, was man durch Zufall herausfand. Die Neuzeit, deren Zementbedarf infolge der vielen Wasserbauten ins Riesige gestiegen ist, mischt dem Kalkstein vor dem Brennen absichtlich Ton zu, und kann so, unabhängig vom zufälligen natürlichen Vorkommen tonhaltiger Kalksteine, jedes gewünschte Quantum Zement erzeugen. Eine zweite Art der Zementerzeugung benutzt als Rohmaterial die Schlacken der Eisenhochöfen (siehe im Vortrag XI). Wie ihre Analyse ergibt, unterscheiden sie sich in ihrer Zusammensetzung vom Zement hauptsächlich durch einen geringeren Gehalt an Kalk. Man mahlt diese Schlacken jetzt daher fein, mischt sie mit Kalkstein und glüht dieses Gemisch, wobei es zusammensintert. Es ist nun hernach im gemahlenen Zustand ebenfalls Zement. Mit dieser Verwertung der bis dahin wertlosen Schlacken hat man um das Jahr 1890 ernstlich begonnen. Sie stellt einen neuen Triumph der Technik in der Verwertung von Abfallstoffen dar.

Der Hauptbestandteil aller Tone, zu deren Verwendung wir nunmehr wieder zurückkehren, im streng wissenschaftlichen Sinne der Chemie bezeichnet, ist also die kieselsaure Tonerde. Sie ist, was wir uns in Rücksicht auf die weiteren Mitteilungen über Tonwaren besonders merken wollen, im reinen Zustande im Ofen-

feuer unschmelzbar. Beimengungen aber von Sand, also Kieselsäure nebst solchen von Kalk, Kali, Eisenoxyd setzen ihre Feuerbeständigkeit sehr herab. Wir wissen ja von der Fabrikation des Glases her, daß kieselsaures Kali und kieselsaurer Kalk und ebenso kieselsaures Eisen sich zu einem Glas zusammenschmelzen lassen. Diese Beimengungen im Lehm schmelzen also beim Brennen desselben, der Ziegel sintert infolgedessen, und die beim Erkalten wieder erstarrenden halb verflüssigt gewesenen Glasteilchen bedingen, wie erwähnt, nachher die Festigkeit des Ziegels.

Ist nun umgekehrt ein Ton recht arm an den genannten Beimengungen, so wird er sehr feuerbeständig sein. Aus derartigem Material, das sich ebenfalls vieler Orten in der Welt findet, werden die feuerfesten Ziegel, aus denen man die Feuerungsanlagen der Industrie und ähnliches baut, hergestellt. Man nennt sie auch Chamotteziegel. Was dieser Name bedeutet, ist nicht bekannt.

Die Formbarkeit des Tons erlaubt natürlich nicht nur so einfache Dinge wie einen Ziegel herzustellen, sondern ermöglicht die Anfertigung der verschiedenartigsten Objekte.

Wenn man ihn auf einer sich drehenden Scheibe verarbeitet, gelingt es leicht bauchige und sonstwie geformte Gefäße von kreisförmigem Querschnitt herzustellen. Die Drehscheibe der Töpfer ist bei manchen Völkern, z. B. den Chinesen, eine so alte Erfindung, daß sie schon vor den Zeiten, aus denen schriftliche Aufzeichnungen überkommen sind, im Gebrauch war.

Brennt man ein so hergestelltes Gefäß im Ofen, so wird es nach Art der Ziegelsteine porös ausfallen, kurzum wenig brauchbar sein und sich kaum zu etwas anderem als zu Blumentöpfen eignen. In dasselbe gegebene Flüssigkeiten werden sich in die Wände hineinziehen, vielleicht sogar durchsickern, so daß das Gefäß jedenfalls nicht wieder völlig zu reinigen ist. Zur Abhilfe dieser Übelstände werden solche Geschirre deshalb glasiert, d. h. mit einem Glas überzogen.

Wir wissen bereits, daß die leichtschmelzbarsten Gläser die Bleigläser (siehe Seite 221) sind. Daher ist die billigste Töpfer-

glasur die, daß man irgend eine in der Natur vorkommende Bleiverbindung, die sich dazu eignet, mit etwas Lehm zusammen feinmahlt, und mit dieser Mischung, die man in Wasser aufschwemmt, das zu glasierende Gefäß übergießt. Brennt man es hernach im Ofen, so schmilzt das Bleiglas auf der Oberfläche zusammen, indem es sich aus der Kieselsäure des Lehms und dem Blei bildet. Nunmehr ist das Gefäß nicht mehr porös und nach „einmaligem“ Brennen fertig. Die von den Töpfern verwendete Bleiverbindung ist der Bleiglanz, der sich vielerwärts auf der Erde findet. Wegen der Giftigkeit dieses Metalls gehören aber auf diesem Wege glasierte Gefäße nicht in die Küche, indem saure Speisen, also z. B. die mit Essig zubereiteten daraus Blei auflösen. Heutzutage ist ihr Verkauf als Küchengeschirr daher gesetzlich verboten.

Man hat deshalb in neuerer Zeit versucht, die Zusammensetzung dieser Glasuren so abzuändern, daß nach dem Brennen der Ware alles Blei darin in so feste chemische Verbindungen übergegangen ist, daß sie von sauren Speisen, die doch in chemischem Sinne immer nur schwach sauer sind, nicht mehr angegriffen werden, und hat in der Beziehung ganz erfreuliche Erfolge erzielt.

Ein weit haltbareres Material als die gewöhnliche Töpferware ist das Steinzeug. Zu seiner Herstellung verwendet man einen Ton, der bei nicht zu hoher Temperatur so vollständig sintert, also so weit zusammenschmilzt, daß schließlich eine für Flüssigkeiten ganz undurchlässige harte Masse entsteht. Deshalb brauchten z. B. jene billigen grauen oder hellgrauen Krüge, in denen das natürliche Selterwasser verschickt wird, die auf diesem Wege hergestellt sind, gar nicht glasiert zu werden, um wasserdicht zu sein.

Doch geschieht das Glasieren hier sowohl wie bei allem anderen in den Handel gebrachten Steinzeug, um ihm ein ansehnlicheres glänzendes Äußere zu geben, und zwar in folgender sehr einfacher Art.

Hat der Ofen, in dem das Geschirr gebrannt wird, seine

volle Hitze erreicht, so schüttet man Kochsalz ins Feuer und verschließt für einige Zeit seine Abzugsöffnungen. Der Ofen füllt sich infolgedessen, da Kochsalz nicht gerade schwerflüchtig ist, mit Kochsalzdämpfen. Es besteht, wie wir wissen, aus Chlor und Natrium. So kommt Natrium mit der Kieselsäure des Tones an der Oberfläche der Gefäße in Berührung. Es bildet sich etwas kieselsaures Natron, und dieses mit anderen Silikaten zusammen — der Ton besteht ja aus Silikaten — ist doch ein ein Glas. So genügt denn das Hineinwerfen des Kochsalzes zum Glasieren dieser billigen Steingutwaren, die also ebenfalls nur „einmal“ ins Feuer kommen.

Hat man für die Herstellung von Steinzeug einen sehr reinen d. h. möglichst eisenfreien Ton gewählt, und schmilzt, nachdem das daraus hergestellte Gefäß, welches also fast weiß ausfallen wird, einmal gebrannt und hierbei völlig gesintert ist, nachträglich noch eine schön weiße Glasur auf, so erhält man das wahre Steingut, das also im Gegensatz zur Töpferware „zweimal“ gebrannt wird. Es unterscheidet sich äußerlich kaum vom Porzellan, auf das wir gleich ausführlich kommen. Nur ist es lange nicht so haltbar wie dieses, indem seine bei verhältnismäßig niedriger Temperatur aufgeschmolzene Glasur mit der des Porzellans hinsichtlich ihrer Güte keinen Vergleich aushält. Die Glasur bekommt auch bei der Benutzung durch Zerkratzen bald feine Risse, die sich nicht mehr reinigen lassen, und Eßgeschirre aus Steingut werden dadurch nicht nur unansehnlich, sondern geradezu unappetitlich.

Dieses Verhalten der Glasur von Steingutwaren kommt daher, daß die Temperatur, bei der ihr Einbrennen erfolgt, nicht hoch ist, wodurch sehr an Brennmaterial gespart wird. Um diese Glasur von genügender Leichtschmelzbarkeit zu haben, setzt man ihr Borax und auch Bleioxyd zu. Das letztere ist, da die Zusammensetzung der Mischung passend gewählt wird, schließlich so fest gebunden, daß Säuren es nicht mehr lösen können, Steingut also trotzdem durchaus als Kochgeschirr Verwendung finden kann.

Die einmal im Ofen für die Zwecke der Steingutfabrikation gebrannten Gefäße haben somit in dem unglasierten Zustande,

in welchem sie wieder aus dem Ofen kommen, durch die völlige Sinterung schon ihre volle Festigkeit erlangt. Bei dem für das Aufschmelzen der Glasur auf Steingutgefäße nötigen zweiten Brennen ist von einem nochmaligen Sintern keine Rede, es findet daher im Gegensatz zum Porzellan, wie wir bei diesem sehen werden, keine Zunahme der Festigkeit mehr statt. Andererseits liegt daher auch nicht die Gefahr vor, daß Steingutwaren sich im zweiten Feuer nach Art des Porzellans (siehe weiterhin) im Ofen verziehen, also ihre regelmäßige Form verlieren könnten. Und so findet man am Boden von Steingutwaren, betrachten wir z. B. einmal einen Steingutteller, im Unterschied zum Porzellan (siehe dort) meist nur drei gegen die übrige Glasur etwas eingedrückte Vertiefungen, das sind die Stellen, an denen der Teller während des Einbrennens der Glasur auf Stützpunkten auflag. Dagegen erweist sich der untere Rand eines Porzellantellers ganz frei von Glasur, wofür wir den Grund Seite 232 kennen lernen werden.

An das gewöhnliche Steingut wollen wir die Fayence anreihen. Ihren Namen hat diese Art von Tonwaren von der italienischen Stadt Faënza her, in der sie zuerst gefertigt wurde. Gleichbedeutend ist der Name Majolika, der an die Insel Majorka erinnert, indem dort in alter Zeit ebenfalls viel solches Geschirr fabriziert worden ist.

Die Fayence verlangt einen sehr bildsamen, plastischen Ton, damit man jene Objekte wie Schüsseln, Teller usw. daraus herstellen kann, deren en relief ausgeführte Verzierungen häufig ihren Hauptwert ausmachen. Das so hergestellte Gefäß wird ziemlich scharf gebrannt und erhält dadurch eine bedeutende Festigkeit. Infolge der Feuerbeständigkeit des verwendeten Tones sintert es nur wenig zusammen, wodurch die Konturen der Figuren recht gut erhalten bleiben.

Andererseits ist aber, wie wir wissen, ein ungenügend gesinterter Ton porös. Deshalb muß alle Fayence, um wasserdicht zu sein, nachträglich glasiert werden.

So wird denn auch die Fayence, nachdem sie einmal ge-

brannt ist, mit Glasurmasse überzogen und ein zweites Mal in einen Ofen gegeben. Wenn man die Glasurmischung so wählt, daß sie zu einem undurchsichtigen weißen oder zu einem gefärbten Glase zusammenschmilzt, kann man auf diesem Wege gleichzeitig die größte Abwechslung erreichen. Die undurchsichtige weiße Glasur wird hauptsächlich durch Zugabe von Zinnoxyd zur gewöhnlichen Glasurmischung erzielt. Derartige kostbare Fayencen fallen weit mehr unter den Begriff des Kunsthandwerks als der Industrie.

Wir wenden uns nunmehr zur vollkommensten aller Tonwaren, zum Porzellan.

Es hat manche für den Gebrauch des Glases wertvolle Eigenschaften in fast noch höherem Grade als dieses selbst. So ist es härter und erträgt den Temperaturwechsel viel besser ohne zu zerspringen. Dagegen läßt es sich allerdings nicht so vielgestaltig verarbeiten wie jenes, und muß man sich an Stelle der Durchsichtigkeit mit seinem reinen Weiß begnügen.

In China und Japan ist es seit langem bekannt. In Europa erfand es der sächsische Alchymist Böttcher 1703. Anfangs erhielt er es nur von brauner Farbe, und 1710 gelang ihm erst die Darstellung rein weißer Gefäße, welche seit jenem Jahre in Meißen fabrikmäßig hergestellt werden. An diesem Orte ging nämlich Böttcher im Auftrage des Königs August des Starken, halb als Gefangener, der Kunst des Goldmachens nach.

Da vom Porzellan ein reines Weiß verlangt wird, und es bei möglichst hoher Temperatur gebrannt werden muß, um seine edlen Eigenschaften zu zeigen, kann nur ein eisenfreier Ton, der, um die enorme Hitze der Brennöfen zu ertragen, fast frei von Flußmitteln ist, zu seiner Herstellung dienen.

Dieser findet sich nicht allzu häufig, man bezeichnet ihn als Kaolinton. Zu seiner Reinigung wird er geschlämmt, d. h. mit sehr vielem Wasser angerührt. Alle schweren und gröberen Beimengungen sinken, sobald das Rühren aufhört, darin rasch zu Boden, während die feinen Partikel sich schwebend erhalten. Trennt man darauf die Flüssigkeit vom groben Bodensatze, so

wird sich der reine Ton bei weiterem Stehen in einem zweiten Gefäße daraus absetzen. So gewonnen ist er infolge seiner Reinheit so feuerbeständig, daß er im Ofenfeuer kaum zum Sintern zu bringen ist, und um ihn zu Gefäßen brennen zu können, muß ihm etwas Flußmittel zugesetzt werden. Als solches dient feinstgemahlener und geschlämmter Kalifeldspat, ein sich in der Natur findendes Mineral, das in sehr hoher Temperatur glasartig zusammenschmilzt. Dies nimmt uns nicht besonders wunder, wenn wir erfahren, daß die Feldspate Doppelsilikate von kieselsaurer Tonerde mit kieselsaurem Kali oder kieselsaurem Natron, auch kieselsaurem Kalk sind, denn dieses sind ja zum Teil die gleichen Materialien, wie die, aus denen man das Glas herstellt (siehe Seite 214).

Formt man Gefäße aus dem Gemisch von geschlämmtem Kaolin und geschlämmtem Feldspat, so ziehen sie sich beim Brennen so sehr zusammen, daß sie häufig Risse bekommen. Doch wird dieser Übelstand herabgemindert, wenn man der Porzellanmasse noch Kieselsäure zusetzt. Diese erhält man für unseren Zweck in der notwendigen Reinheit durch Feinmahlen und Schlämmen von Quarz, Feuerstein oder Sand (siehe Seite 216).

Die aus den drei Bestandteilen, denen manche Fabriken noch weiteres kalkhaltiges Material hinzufügen, gemischte Porzellanmasse wird wie der Töpferton auf der Drehscheibe geformt, die erhaltenen Gegenstände werden allmählich getrocknet, und sind hierauf außerordentlich zerbrechlich.

Sie kommen nunmehr zum ersten Male ins Feuer eines Ofens, in dem sie bei starker Rotglut gebrannt werden. Erst bei dieser Temperatur sintern sie etwas zusammen und zeigen hernach eine gewisse Festigkeit.

Als einmal gebrannte Masse findet das Porzellan eigentlich nur eine Verwendung, es dient als Einsatzgefäß für die so bekannten galvanischen Elemente. Da es nicht völlig gesintert, ist es soweit porös, daß die darin befindliche Flüssigkeit mit der von ihr verschiedenen im äußeren Gefäß vorhandenen, in Kontakt treten kann, ohne sich im eigentlichen Sinne damit zu mischen,

was zur Erzeugung galvanischer Ströme nach dieser Methode nötig ist.

Das so erhaltene „verglühte“ Porzellan muß nun glasiert werden. Im Gegensatz zu allen anderen Tonwaren wendet man hierfür eine „außerordentlich schwer schmelzende“ Glasur an, die hernach als ein wahres Glas das fertige Produkt überzieht, wodurch es seine vorzüglichen Eigenschaften erhält.

Man verwendet als Glasur die Porzellanmasse selbst, der man nur reichlicher Flußmittel zusetzt, damit sie wirklich zum Schmelzen kommt. Als solche fügt man Alkali und Kalk zu, und zwar ersteres, indem man einfach die Menge des Kalifeldspats vermehrt. Die feingeschlämmte Glasurmasse rührt man mit Wasser zu einem dünnen Brei an, in den man das verglühte Porzellan taucht, wobei eine genügende Menge davon an der Oberfläche des eingetauchten Gefäßes hängen bleibt.

Von den Stellen am Boden, mit welchen das so vorbereitete Porzellan die Unterlage, auf welcher es im Ofen steht, berührt, muß die Glasurmasse vor dem Einbrennen der Glasur wieder fortgekratzt werden, weil das Gefäß sonst, sobald sie zum Schmelzen kommt, an dieser Unterlage anschmelzen würde.

Daher sehen wir z. B. an Porzellantellern im Gegensatz zu Glastellern nie einen flachen Boden, sondern stets einen erhabenen Rand um diesen, weil so, statt vom ganzen Boden, nur davon die Glasur entfernt zu werden braucht. Solche unglasierten Stellen sind rauh und werden beim Gebrauch dauernd schmutzig, da sie nicht wie der glasierte Gegenstand durch einfaches Abreiben wieder gereinigt werden können, sondern die Verunreinigungen in den Poren sitzen bleiben. Und durch jene unglasierten Stellen am Boden sind selbst die besten, dem Porzellan nahestehenden Steingutwaren (siehe oben) leicht von diesem auf den ersten Blick zu unterscheiden, da sie sich beim Steingut niemals finden. Denn beim Steingut erfolgt, wie wir wissen (siehe Seite 228) das Einbrennen der Glasur bei ziemlich niedriger Temperatur. Es liegt daher nicht die Gefahr vor, daß Steingutwaren sich im zweiten Feuer nach Art des Porzellans im Ofen verziehen, also ihre regelmäßige Form verlieren könnten. Und so findet man am

Boden von Steingutwaren, im Unterschied zum Porzellan, meist nur die drei bereits erwähnten etwas eingedrückten Vertiefungen.

Zum Einschmelzen der Glasur kommt das Porzellan ins zweite Feuer, dessen Hitze also im Gegensatz zum Verfahren in der Steingutfabrikation sehr hoch gesteigert wird.

Beim Steingut hat, wie erwähnt, das verglühte Rohmaterial nach dem erstmaligen Feuer schon seine Festigkeit, die durch das Einbrennen der Glasur in keiner Weise vermehrt wird. Hier beim Porzellan dagegen verglast der durch das erste Brennen erhaltene schon ziemlich feste Scherben, mit welchem Ausdruck das einmal geglühte Material bezeichnet wird, erst in diesem zweiten stärkeren Feuer völlig. Es wird hier erst jene harte Masse, die mit der Glasur sozusagen in eins verschmolzen, eine so bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen alle äußeren Einflüsse erlangt.

Durch Herausziehen einzelner Probestücke verfolgt man den Verlauf des Prozesses. Die allmählich schmelzende Glasur wird immer glatter; wenn man schließlich an der durchscheinenden Beschaffenheit des Ganzen merkt, daß der ehemalige Scherben selbst ausreichend verglast ist, so läßt man den Ofen samt seinem Inhalte langsam erkalten.

Man kann natürlich auch unglasiertes Porzellan dem gleichen scharfen Feuer, in welchem man sonst die Glasur darauf einbrennt, aussetzen. Dabei sintert es dann so weit zusammen, daß es seine Porosität verliert. Seine Oberfläche behält aber etwas Rauhes und sieht matt aus. Es führt den Namen Biskuitporzellan. Daraus macht man Büsten, Statuen und ähnliches, bei denen der Glanz der Glasur störend wirken würde.

Was das Bemalen des Porzellans anbetrifft, so kann es in zweifacher Art erfolgen. Man malt unter und auf der Glasur.

Zum Malen unter der Glasur, also zum Bemalen des verglühten Porzellans, können nur jene wenigen Metalloxyde dienen, die die große Hitze des zweiten Feuers, des sogenannten Scharf-

feuers, ertragen, so Kobaltoxyd für Blau, Chromoxyd für Grün, Uranoxyd (Uran ist ein seltenes Element) für Schwarz.

Der Vorteil dieser Malerei ist der ihrer Unzerstörbarkeit, die, da sie durch die Glasur geschützt ist, nur bei der Zertrümmerung des Porzellangefäßes selbst eintreten kann. Während man beim Malen unter der Glasur mit den Farben verhältnismäßig beschränkt ist, versteht man es, auf der Glasur jetzt alle gewünschten Nuancen zu erzeugen, und auf großen Platten z. B. jedes Ölgemälde zu kopieren, eine Kunst, die namentlich in Sèvres gepflegt wird.

Die betreffenden Farben, auch hier natürlich Metalloxyde, werden mit einem leicht zu einem farblosen Glase schmelzenden Material gemischt, bei dessen Herstellung also Bleioxyd, wie wir uns jetzt schon denken können, eine große Rolle spielt, und nach dem Anreiben mit Öl aufgemalt. Erhitzt man das so vorbereitete Gefäß sodann in einem Muffelofen[1]) so weit, daß die gefärbten Glasflüsse ins Schmelzen kommen, so schmilzt die Malerei auf dem Gefäße fest.

In ganz gleicher Weise hat man in älterer Zeit das so viel benutzte Vergolden also Auftragen goldener Verzierungen auf das Porzellan bewirkt. Das mit einem Flußmittel eingebrannte Gold kam aber matt aus dem Ofen, und mußte hernach, um seinen Glanz zu zeigen, poliert werden. Da wurde im Jahre 1830 eine Vergoldungsflüssigkeit, für die das Gold zuerst in Königswasser (siehe später beim Golde) gelöst wird, erfunden, die mit passenden Zusätzen auf das Porzellan aufgetragen und hernach eingebrannt, sofort eine glänzende Vergoldung liefert.

Wenn wir uns jetzt zur Photographie wenden, so ist es, in Rücksicht auf die komplizierten chemischen Prozesse, auf denen sie beruht, nicht leicht, ohne Voraussetzung einiger Vorkennt-

1) Ein Muffel ist ein aus feuerfestem Ton hergestellter Kasten, der durch um ihn geführtes Feuer erhitzt wird, so daß die darin stehenden Gegenstände weder mit Ruß noch mit den Flammengasen in Berührung kommen.



nisse, die bei ihrer Ausführung sich abspielenden Erscheinungen zu erklären.

Am besten wird uns die Klarlegung der Vorgänge, wie das unter solchen Verhältnissen immer der Fall ist, gelingen, wenn wir die historische Entwickelung zur Grundlage unserer Betrachtung machen. Wir sehen dann ihre allmähliche Vervollkommnung an uns vorüberziehen und haben Gelegenheit, in Kürze die wichtigsten jener aufeinanderfolgenden Denkprozesse, die sie auf ihre Höhe gebracht haben, selbst zu durchdenken.

Silber löst sich leicht in Salpetersäure zu einer wasserhellen Flüssigkeit. Dampft man diese Lösung ab, so erhält man als Rückstand ein weißes Salz, das salpetersaure Silber. Es heißt im gewöhnlichen Leben Höllenstein.

Was man auch damit bestreicht, wird, namentlich bei Tageslicht, sehr bald schwarz, so die menschliche Haut, auf die Höllenstein von den Ärzten als Ätzmittel öfters gebracht wird. Und von der gleichen Farbe erscheinen nach kurzer Zeit Buchstaben, die man mit seiner Lösung schreibt. Sie sind hernach kaum mehr zu entfernen, z. B. auch nicht aus Wäsche. So repräsentiert denn diese Lösung eine unauslöschliche Tinte.

Der Grund für die angeführten Erscheinungen ist der, daß das salpetersaure Silber sehr dazu neigt, in seine Bestandteile zu zerfallen, wobei sich das Silber als höchst fein verteiltes schwarzes Pulver ausscheidet. Schon das Tageslicht vermag also, wie aus den angeführten Beispielen der täglichen Erfahrung folgt, diese Spaltung herbeizuführen. Diese Eigenschaft des salpetersauren Silbers ist, wie der uralte Name Höllenstein andeutet, sehr lange bekannt. „Auf einer derartigen Zersetzung von Silbersalzen beruht nun die ganze Photographie.“ Der Höllenstein selbst kann aber zur Gewinnung von Bildern nicht dienen, weil sein Zerfall ein für diesen Zweck viel zu langsamer ist.

Die Herstellung von Bildern gelingt erst mit Silbersalzen, die sehr viel schneller als das salpetersaure Salz durch das Licht verändert werden. Und zwar hat man in der Photographie hauptsächlich drei davon verwendet, das Chlorsilber, Bromsilber und

Jodsilber. Alle drei sind leicht darstellbar. Da sie im Wasser völlig unlöslich sind, scheiden sie sich sofort aus, wenn man zu einer Höllensteinlösung eine Lösung von Chlornatrium (Kochsalz), oder von Bromkalium bzw. von Jodkalium setzt. Es bilden sich bei Verwendung von Kochsalz z. B. Chlorsilber und salpetersaures Natron.

Salpetersaures Silber + Chlornatrium = Chlorsilber + salpetersaures Natron.

Das salpetersaure Natron ist ein uns bekanntes Salz (siehe Seite 194), welches im Wasser leicht löslich ist, also in der Flüssigkeit gelöst bleibt, so daß man, wenn man den Chlorsilberniederschlag mit Wasser wäscht, ihn vollkommen frei davon erhält.

Das Chlorsilber ist sehr lange bekannt. Bromsilber und Jodsilber erst seit dem ersten Viertel des vorigen Jahrhunderts, zu welcher Zeit Brom und Jod aufgefunden wurden. Welche Gegenden der Erde die hauptsächlichsten Lieferanten für diese Elemente sind, haben wir bereits (siehe Seite 52 und 56) besprochen.

Mit dem Chlorsilber haben schon die Alchymisten sehr viel gearbeitet. Es ist recht empfindlich gegen das Licht; denn sobald es diesem ausgesetzt wird, färbt sich sein anfangs reines Weiß violett, und schließlich wird es ganz schwarz. Zur Erzeugung von Bildern hat es zuerst der Hallenser Arzt Schultze 1727 benutzt.

Er legte Papierbuchstaben auf einen frischen Niederschlag von Chlorsilber. Nur die unbedeckten Stellen, welche dem Lichte ausgesetzt blieben, wurden dunkler. Nahm er das Papier fort, so erschienen die Buchstaben von weißer Farbe auf dunklem Grunde, um kurze Zeit nachher natürlich, durch den Einfluß des Lichtes, dem nun auch der bisher von den Buchstaben bedeckte Teil des Chlorsilbers ausgesetzt wurde, ebenfalls schwarz zu werden. Kurzum, in dieser Art der Ausführung war das Ganze eine interessante aber praktisch nicht verwertbare Beobachtung.

Erst 112 Jahre später, nämlich 1839, hat Talbot wirklich Bilder mit Hilfe von Chlorsilber zustande gebracht. Sein Ver-

fahren war folgendes. Er tauchte Papier in eine Lösung von Kochsalz und bestrich es sodann mit einer solchen von salpetersaurem Silber. Jetzt enthielt das Papier durch das Zusammentreffen dieser beiden Lösungen Chlorsilber und war lichtempfindlich. Auf den so vorbereiteten Bogen legte er hierauf durchsichtige bzw. durchscheinende Zeichnungen. Unter dem Einfluß des Sonnenlichtes, dem er das Ganze aussetzte, schwärzte sich sodann sein Chlorsilber an denjenigen Stellen am stärksten, an denen das meiste Licht die obere Zeichnung durchdringen konnte.

Hätte er jetzt diese ohne weiteres entfernt, so wäre sehr bald sein unteres Papier durch den fortdauernden Einfluß des Lichtes, wie einst bei Schultze, gänzlich schwarz geworden. Sein großes Verdienst besteht nun darin, daß er solche Bilder festzuhalten, zu fixieren lehrte.

Zum Zwecke der Fixierung verfuhr er so, daß er sein lichtempfindliches Papier, auf dem die Sonne die hinaufgelegte Zeichnung abgebildet hatte, in einer Dunkelkammer, um jede weitere Lichteinwirkung auszuschließen, in siedendes Kochsalzwasser legte. Siedende Kochsalzlösung löst nämlich Chlorsilber auf. Also das unverändert gebliebene Chlorsilber wurde so entfernt, und nun blieb die Zeichnung bestehen, da die Kochsalzlösung das durch das Licht in chemischer Beziehung veränderte geschwärzte Chlorsilber nicht zu lösen imstande ist.

Natürlich ist, wie die Überlegung lehrt, das erhaltene Bild das „negative Schattenbild“ der ursprünglichen Zeichnung. Die dunklen Stellen der Zeichnung hatten ja am wenigsten Licht durchgelassen. An diesen blieb also das Chlorsilber fast unverändert, und war durch die heiße Kochsalzlösung bei der Fixierung entfernt worden. So erschienen denn die dunklen Stellen der Originalzeichnung in der Kopie weiß oder fast weiß, während die hellen dunkel ausfielen. Aber legte Talbot dies Negativ wiederum auf durch Chlorsilber lichtempfindlich gemachtes Papier, so bekam er auf diesem Wege die genaue Kopie des Originals, indem er jetzt wieder ein Schattenbild des Schattenbildes der ursprünglichen Zeichnung, und damit eine Kopie von der Größe des Originals erhielt.

War TALBOTs Verfahren noch nichts anderes als ein „photographisches Abklatschen vorhandener Bilder in nicht verkleinertem Maßstabe“, so brachte DAGUERRE ebenfalls Ende der dreißiger Jahre durch die Photographie selbst die ersten Bilder fertig. Deshalb ist DAGUERRE der eigentliche Erfinder dessen, was wir heute Photographie nennen.

Er verwendete die Camera obscura zur Gewinnung von Abbildungen an sich; jenen Apparat, der mit Hilfe von Linsen Bilder davor befindlicher Gegenstände an einer bestimmten Stelle, an welche die Photographen zwecks seiner Einstellung eine Mattglasplatte bringen, zu erzeugen, ermöglicht. Die Camera obscura gestattet zugleich „die beliebige bildliche Verkleinerung der vor der Linse befindlichen Gegenstände“, was beides zusammen natürlich gegenüber dem TALBOTschen Abklatschverfahren einen außerordentlichen Fortschritt bedeutet.

DAGUERRE brachte nun an die Stelle der Mattglasplatte, mit Hilfe deren der Apparat auf den zu photographierenden Gegenstand scharf eingestellt wird, eine Silberplatte, auf der er durch Joddämpfe etwas Jodsilber erzeugt hatte. Nach stundenlanger Einwirkung des Lichtes sah er ein auf der Platte entstandendes Bild der vor der Camera befindlichen Gegenstände, dessen Festhalten ihm aber die größten Schwierigkeiten bereitete, welche erst ein Zufall überwinden half.

Brachte er nämlich die nicht stundenlang, sondern nur ganz kurze Zeit belichtete jodierte Silberplatte in Quecksilberdampf, so schlugen sich an den zumeist belichteten Stellen auch die meisten Quecksilberdämpfe nieder, und das photographisch erzeugte Bild, das auf den Quecksilberdampf sozusagen orientierend wirkte, erschien in glänzendem Quecksilber ausgeführt. Quecksilberdampf „entwickelte“ das dem menschlichen Auge noch unsichtbare Bild. Daher stammt das für uns jetzt sehr merkwürdige Aussehen jener alten Daguerreotypen, die sich noch in manchen Familien finden. Hiermit war auch die „photographische Abbildung Lebender“ ermöglicht, die von dem Tage ab nur kurze Zeit stille zu sitzen brauchten, um abkonterfeit zu sein, und heute ja sogar in voller Bewegung photographiert werden können.

Das für alle Zeiten Wichtigste an DAGUERRES Beobachtung ist somit folgendes. Wenn auch das menschliche Auge an lichtempfindlichen nur sehr kurze Zeit in der Camera obscura belichteten Platten absolut noch nichts wahrnehmen kann, hat die chemische Wirkung der Lichtstrahlen doch bereits einen Zerfall der Silberverbindung eingeleitet. Nun ist es nicht nötig, diesen Zerfall sich vollständig durch fortgesetzte Belichtung vollziehen zu lassen, damit er dem menschlichen Auge sichtbar werde. Jetzt ist es vielmehr möglich, diesen Zerfallprozeß mit Hilfe geeigneter Chemikalien (von denen wir bisher nur den Quecksilberdampf kennen gelernt haben) ohne weitere Lichteinwirkung zur Entwickelung von negativen Bildern zu benutzen.

Bald nach dem Bekanntwerden des DAGUERREschen Verfahrens begann die Suche nach Ersatz für die teuren Silberplatten, und TALBOT benutzte an ihrer Stelle mit Erfolg sein lichtempfindliches Papier in der Camera obscura. Als Silberverbindung wandte er im Anschluß an DAGUERRE statt Chlorsilber jetzt Jodsilber an, indem er sein in Silberlösung getauchtes Papier durch Jodkaliumlösung zog.

Zum Entfernen des auf der belichteten Platte unverändert gebliebenen Jodsilbers benutzte er an Stelle der ehemals verwendeten siedenden Kochsalzlösung nunmehr eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron, die in der Kälte bereits Chlorsilber sowohl wie Bromsilber und Jodsilber mit größter Leichtigkeit löst, und seitdem allgemein zu diesem Zwecke dient. Aber die Rauheit selbst des besten Papiers machte sich bei den nach TALBOTS Verfahren hergestellten Bildern unangenehm geltend, und DAGUERRES auf polierten Silberplatten hergestellte Bilder schienen den Sieg davon tragen zu sollen.

Das änderte sich mit dem Tage, an welchem NIÉPCE die Eiweißlösungen in die Photographie einführte. Setzt man zu einer Lösung von Eiweiß Jodkalium, gießt sie auf Glasplatten und taucht diese nach dem Trocknen in Höllensteinlösung, so hat man eine durch ihren Gehalt an Jodsilber lichtempfindliche Eiweißschicht auf dem Glase, der die Rauheit des Papiers völlig abgeht, und die nunmehr ausgezeichnete Bilder liefert.

Die verkleinerten Bilder, welche die Camera obscura liefert, sind also negativ und werden deshalb, wie es ursprünglich Talbot für Zeichnungen angewandt hatte, auf lichtempfindliches Papier übertragen, um so zum Positiv, zum wirklichen Bilde des zu Photographierenden, zu gelangen. Auch das Papier, auf das man die Negative übertrug, überzog man von jetzt ab mit einer lichtempfindlichen Eiweißschicht, und erzielte wegen der Glätte und des Glanzes, den hernach das auf solchem Papier befindliche Bild zeigt, ausgezeichnete Resultate.

Die unangenehme Neigung der Eiweißlösungen zur Fäulnis führte dann zu deren von Fry empfohlenen Ersatz durch Kollodium. Dieses ist eine Auflösung[1]) von nitrierter Baumwolle, also Schießbaumwolle (siehe Seite 140) in einem Gemisch von Äther und Alkohol.

Die für das Auge unsichtbare Veränderung, die bei kurzer Belichtung der Platte hervorgerufen wird, die einst Daguerre mit Quecksilber zu einem Bilde entwickelt hatte, muß und kann, wie wir schon besprachen, natürlich auch bei den nachher an Stelle der Silberplatten verwendeten gläsernen mit lichtempfindlichen Eiweiß- und Kollodiumschichten überzogenen Ersatzplatten ebenfalls sichtbar gemacht werden. Die hierzu dienenden Mittel faßt man unter dem Namen „Entwickler“ zusammen. Zuerst benutzte man als solche schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol im gewöhnlichen Leben genannt) und Pyrogallussäure. Später hat man die verschiedensten anderen Chemikalien versucht, von denen sich das Hydrochinon besonders bewährt, das jetzt mit am meisten verwendet wird.

Im Kollodiumverfahren, zu dem wir jetzt übergehen, wurde eine Glasplatte in mit Brom- und Jodkalium versetztes Kollodium und sodann in eine Lösung von salpetersaurem Silber getaucht, worauf die nasse Glasplatte, auf der sich also ein Gemisch von Brom- und Jodsilber befand, mit dem noch anhängenden

1) Der Name stammt daher, daß Maynard diese Lösung zuerst als Klebmittel empfahl, und ihr aus diesem Grunde den Namen Kollodium (vom französischen colle der Leim her) beilegte.



Überschuß des salpetersauren Silbers in der Camera zur Gewinnung des Bildes exponiert wurde. Tauchte man sie in der Dunkelkammer sodann in Eisenvitriol- oder Pyrogallussäurelösung, so reduzierte eines dieser Mittel das überschüssige salpetersaure Silber zu Silber, während sie auf Jod- und Bromsilber nicht einwirken. Das aus ersterem pulvrig abgeschiedene Silber schlug sich hierauf, wie einst die Quecksilberdämpfe im DAGUERRE-schen Verfahren, an den belichteten Stellen im Verhältnis zur Stärke ihrer Belichtung in der Camera obscura, also durch die Belichtung orientiert, nieder, so daß auf diese Art das negative Bild sichtbar ward. Die Fixation dieses Negativs, also die Fortnahme des überschüssigen durch das Licht nicht veränderten Brom- und Jodsilbers, erfolgt durch Eintauchen in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron, die das überschüssige Brom- und Jodsilber auflöst. In Rücksicht auf die Pyrogallussäure kann man das Verfahren als ein im chemischen Sinne saures bezeichnen.

Versuche, auf diesem Wege Trockenplatten, die man als Dauerplatten aufbewahren konnte, herzustellen, hatten keinen Erfolg, es blieb nötig, frisch in eine Lösung von salpetersaurem Silber getauchte Platten zu verwenden.

RUSSELL machte dann in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die merkwürdige Beobachtung, daß der Lichteindruck auf die in der Camera obscura erhaltene Platte auch ohne den dem Überschuß an salpetersaurem Silber entstammenden Silberniederschlag als Bild sichtbar gemacht werden kann. Wäscht man nämlich aus den nassen Platten den Überschuß an salpetersaurem Silber mit vielem Wasser völlig aus, erzeugt auf denselben in diesem Zustande ein Bild in der Camera obscura, und taucht sie hernach in „alkalische“ Pyrogallussäure (d. h. fügt man Alkali der ehemals verwendeten sauren Lösung zu), so zersetzt diese alkalische Lösung jetzt das belichtete Brom- und Jodsilber direkt nach der Maßgabe der Belichtung, was sie, wie wir soeben besprachen, ohne Alkali nicht vermochte. So kommt ein Bild ohne überschüssiges Silber zustande, das hernach durch unterschwefligsaures Natron fixiert wird, welches

das unverändert gebliebene Bromsilber aus der Platte fortnimmt. Damit war man der Herstellung von Trockenplatten bedeutend näher gekommen, indem die bisher auf der Platte notwendige überschüssige Lösung von salpetersaurem Silber unnötig wurde.

Da die alkalische Pyrogallussäurelösung, wie sich bald herausstellte, weit besser auf Brom- als auf Jodsilber wirkt, kam damit das Bromsilber zu seiner jetzigen Bedeutung in der Photographie.

1871 empfahl Maddox an Stelle des Kollodiums Gelatine zu verwenden, mit deren Hilfe nun bis auf den heutigen Tag die langerstrebten Trockenplatten und auch die Films hergestellt werden, bei welch letzteren Cellit (siehe Seite 142) als Unterlage dient. Der eigentliche Erfinder der Trockenplatten ist aber Bennett im Jahre 1878 gewesen. Er zeigte, daß eine fertig hergestellte sogenannte Bromsilbergelatineemulsion durch „nachheriges Erwärmen“ — das ist das ausschlaggebende — erst jenen hohen Grad von Empfindlichkeit, den man heute daran rühmt, bekommt. Und so wurde denn die Herstellung der Trockenplatten, welche die Verwendung der Gelatine und diese Beobachtung ermöglichen, etwa folgende:

Man löst in einer Dunkelkammer Bromammonium (an Stelle des früher verwendeten Bromkaliums) in Wasser, dem man Gelatine und sodann Höllensteinlösung zufügt, wobei die Temperatur anfangs 75° beträgt, hernach aber bis zum Sieden gesteigert wird. Hierbei bildet sich in der Emulsion das Bromsilber. Aus der auf diesem Wege erhaltenen Bromsilbergelatineemulsion, welche nach dem Erkalten erstarrt, wäscht man sodann mittels Wasser alles Lösliche heraus, trocknet sie und bringt sie durch Anwärmen wieder zum Schmelzen. In diesem Zustande gießt man sie auf Glasplatten, die ihrerseits in Trockenschränken rasch völlig getrocknet werden, und nunmehr Handelsware sind. Sie werden in der Dunkelkammer so verpackt, daß vor der endgültigen Benutzung jede Lichtwirkung darauf ausgeschlossen ist. Solche Trockenplatten sind etwa zehnmal so empfindlich als die ehemaligen nassen Kollodiumplatten.

Mit Herstellung dieser Trockenplatten beginnt der große Aufschwung der Liebhaberphotographie. Die Anfertigung der

lichtempfindlichen Platte, ehemals natürlich das Schwierigste in der Photographie, ist damit Aufgabe geübter Fabrikanten geworden und dem photographierenden Laien entzogen.

Die Trockenplatte liefert in einer, mit einer guten und deshalb teuren Linse versehenen Camera obscura mit Leichtigkeit vorzügliche Abbildungen. Ihre Empfindlichkeit ist bekanntlich so groß, daß ein Moment die nötige Belichtungszeit darstellt. Die dadurch herbeigeführte beginnende Zersetzung des Bromsilbers an den vom Lichte getroffenen Stellen, die das menschliche Auge, wie die Besichtigung in der Dunkelkammer zeigt, noch nicht wahrzunehmen vermag, führt also, um es kurz zu rekapitulieren, der Entwickler bis zur gewünschten Stärke fort. Sobald dieser Punkt erreicht und damit das Bild entwickelt ist, wovon man sich durch Besichtigung der Platte beim roten Lichte (siehe weiterhin) der Dunkelkammer überzeugt, entfernt man durch Eintauchen in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron das unangegriffen gebliebene Bromsilber, womit das Negativ fertig ist. Erfolgt die Übertragung des Negativs sodann auf lichtempfindliches Silberpapier, so bekommen wir die speziell als Photographien bezeichneten Abbildungen.

Natürlich hat man, nachdem man die Empfindlichkeit der Silbersalze gegen das Licht kennen gelernt hatte, auch Salze anderer Metalle und sonstige Substanzen oder Gemische davon auf ihr Verhalten gegen das Licht geprüft, und gefunden, daß z. B. auch bestimmte Platinsalze lichtempfindlich sind.

Das Bild in der Camera obscura, also das Negativ, wird stets mit Bromsilbergelatine hergestellt. Kopiert man es hernach aber statt auf Silberpapier auf Platinpapier, so erhält man als Positiv jene so schön sammetschwarzen Platinotypien, deren Aussehen an Kupferstiche erinnert.

Die ganze Photographie beruht also auf der chemischen Einwirkung des Lichtes auf durch das Licht zersetzliche Salze, speziell heutzutage auf Bromsilber. Nun wissen wir von der Physik her, daß das weiße Licht aus einem Gemisch verschie-

dener Farben, den sogenannten Regenbogenfarben, besteht. Zerlegt man das Licht mittels eines Prismas in diese seine Farben und versucht das so erhaltene Spektrum auf die gewöhnliche Art zu photographieren, so sieht man, daß an einem Ende desselben, nämlich beim Rot, keine Wirkung auf die photographische Platte eintritt, während sie am anderen Ende, also beim Violett und Ultraviolett am stärksten ist. Ultraviolett nennt man das auf das Violett folgende Stück, welches dem menschlichen Auge unsichtbar ist, und ihm daher schwarz erscheint, welches aber noch auf die photographische Platte wirkt. Dieses Verhalten der Spektralfarben gegenüber den lichtempfindlichen Platten erklärt uns, weshalb man die Entwickelung der der Camera entnommenen Platten in der Dunkelkammer bei rotem Licht ausführen kann, ohne daß die gegen weißes Licht so empfindliche Platte hierdurch beeinflußt wird.

So erklärt es sich auch, daß rote, gelbe, selbst grüne Farben sehr wenig auf die Platte wirken, was z. B. bei der Reproduktion von Ölgemälden höchst störend ist, sich aber auch bei Porträtaufnahmen geltend macht. Dies zwang dazu Bilder von farbigen Objekten, namentlich Porträts hinsichtlich der Gesichtsfarben, nachträglich etwas zu korrigieren, was man als Retouche bezeichnet.

Vogel fand aber, daß man diesen Übelstand vermeiden kann, wenn man die Bromsilbergelatineplatten selbst ein wenig mit gewissen Farbstoffen färbt. Sie werden dadurch auch für solche Farben, die ohne diesen Zusatz nicht darauf wirken, empfindlich, indem Licht von den ihnen zugesetzten Farben jetzt ebenfalls auf ihr Bromsilber einwirkt. Seitdem erst ist es möglich speziell Ölgemälde in jenen schönen photographischen Reproduktionen wiederzugeben, die wir jetzt zu sehen gewöhnt sind, während ältere oder mit gewöhnlichen Trockenplatten hergestellte Photographien ganze Teile derselben nur in verschwommenen Umrissen zeigen. Seit dem Jahre 1903 gilt namentlich „Äthylrot“ für einen ausgezeichneten Zusatz.

So kann denn das Betreben, farbige Gegenstände in richtiger Weise photographisch in Schwarz zu reproduzieren, als auf dem Wege der farbenempfindlichen Platten der Hauptsache nach

gelöst bezeichnet werden. Eine ganz andere Aufgabe ist es jedoch, Photographien statt in Schwarz sogleich in bunten Farben herzustellen. Über ihre im Jahre 1907 geglückte Lösung werden wir sogleich Näheres erfahren.

Wohl kann man bunte Objekte mit Hilfe des sogenannten Pigmentdruckes, welcher, wie schon der Name andeutet, kein rein photographisches Verfahren ist, seit vielen Jahren bereits vorzüglich farbig reproduzieren.

Die Grundlage des Verfahrens ist hier folgende: Außer den bisher als lichtempfindlich erwähnten Salzen gibt es, wie oben angedeutet ist, noch manche lichtempfindlichen Mischungen. Setzt man z. B. zu einer Lösung von Gelatine eine Lösung von doppeltchromsaurem Kali, bestreicht damit irgend einen Gegenstand, und läßt die Sonne hinaufscheinen, so wird die doch sonst im Wasser lösliche Gelatine sehr rasch völlig unlöslich.

Grund hierfür ist, daß das doppeltchromsaure Kali vom Lichte so beeinflußt wird, daß es teilweise in ein Chromoxyd übergeht, welches auf die Gelatine gerbend wirkt, was ihre Unlöslichkeit veranlaßt. Wir haben die Methoden, geradezu Chromleder herzustellen, ja seinerzeit kennen gelernt (siehe Seite 154).

Legt man nun auf ein im Dunkeln mit Chromgelatine bestrichenes Papier das auf die gewöhnliche Art photographisch erzeugte Negativ eines Bildes, so werden die Stellen, durch die das Licht dringt, unlöslich werden. Wäscht man die unangegriffen gebliebene Chromgelatine nachher in der Dunkelkammer mit Wasser ab, so hat man ein Bild, das nun nicht, wie beim Silber- oder Platinpapier, schwarz erscheint, sondern, da es nur die Farbe der Gelatine zeigt, wenig sichtbar ist.

Es liegt aber gar kein Grund vor, die Gelatine nicht vor Ausführung des Verfahrens mit einem geeigneten Pigment zu färben. Gelbe Gelatine liefert dann ein gelbes, rote ein rotes und blaue ein blaues Bild. Befestigt man jetzt die drei so hergestellten durchsichtigen Abbildungen — die, da sie von demselben, mit einer farbenempfindlichen Platte hergestellten Negativ stammen, genau aufeinander passen — übereinander, so ist der Erfolg ein geradezu überraschender.

Nach der Theorie der Mischfarben, welche die Physiker entwickelt haben, und HAURON zuerst in der Photographie verwertet hat, lassen sich hierbei glänzende Resultate, hinsichtlich der treuen Wiedergabe der Farben des ursprünglichen Objektes, voraussehen und werden in Wirklichkeit erzielt. So einfach das Verfahren auch nach diesen Angaben erscheinen mag, so groß sind die Schwierigkeiten, die sich seiner erfolgreichen praktischen Ausführung entgegenstellen. Vielfach wird auch so gearbeitet, daß man drei photographische Negative aufnimmt, indem man vor die Linse der Camera obscura abwechselnd ein rotes, ein blaues und ein gelbes Glas bringt. Die drei Negative werden dann in Positive übergeführt, und diese Positive werden mit denselben Farben, welche die photographische Platte farbenempfindlich machten (siehe Seite 244), gefärbt, und alle drei übereinandergedruckt.

Außer den besprochenen sind noch eine ganze Anzahl anderer Reproduktionsverfahren teils versucht, teils wirklich in Benutzung, auf die wir aber nicht mehr eingehen wollen. Bei ihnen allen bildet, wie beim Pigmentdruck, ein in der Camera obscura hergestelltes Negativ, also eine auf photographischem Wege gewonnene Abbildung des Gegenstandes, die Grundlage, und insofern sind alle diese Reproduktionen echte Kinder der Photographie.

Zahllose Forscher ersten Ranges haben seit vielen Jahren an der schon erwähnten Aufgabe gearbeitet, Photographien sogleich in den bunten Farben, wie sie das abzubildende Objekt zeigt, herzustellen. Aber in allgemein brauchbarer Form haben erst die Gebrüder LUMIÈRE dieses Problem im Jahre 1907 gelöst. Ihr Verfahren ermöglicht z. B. Porträtaufnahmen im Atelier auch bei bedecktem Himmel in 20 Sekunden zu machen, und das Bild in der Dunkelkammer in $2^1/_2$ Minuten zu entwickeln. Sie stellen ihre Platten in der Art her, daß sie zwei Teile grüne Stärkekörnchen mit je einem Teil roter und blauer Körnchen auf das innigste vermischen. Die Mischfarbe ist schließlich fast weiß. Das fertige Gemisch wird auf eine Spiegelglasplatte, die mit einer klebenden Substanz überzogen ist, aufgetragen und

zwar so, daß kein Körnchen das andere überlagert. Eine Presse sorgt jetzt für das Glattdrücken der Körnchen, die nunmehr eine so gut wie lückenlose Schicht bilden. Diese Lichtfilterschicht wird lackiert und auf die Lackschicht eine farbenempfindliche Bromsilbergelatineemulsion aufgetragen. Die so hergerichtete Trockenplatte wird später derart in die Camera obscura eingelegt, daß das von der Linse herkommende Licht die Glasplatte und das Lichtfilter aus den Stärkekörnchen durchdringen muß, bevor es die Bromsilbergelatineemulsion trifft. Durch nachherige Entwickelung der Platte erhält man die Buntphotographie, die hinsichtlich ihres Farbenglanzes kaum noch etwas zu wünschen übrig läßt. Die Ausführung des Verfahrens gestaltet sich so einfach, daß auch Amateurphotographen mühelos nach ihm arbeiten können. Zu Anfang des Jahres 1908 kostete eine Schachtel mit vier Lumièreplatten 15 Mark.

Wir können unsere Betrachtung über die photographische Reproduktion von Gegenständen unmöglich schließen, ohne des gewaltigsten Fortschritts der Neuzeit auf diesem Gebiete, wie z. B. des Photographierens der Knochen innerhalb des lebenden Körpers, zu gedenken. Die Möglichkeit hierzu bieten bekanntlich die Röntgenstrahlen, die an sich ins Gebiet der Physik gehören. Haben wir im ersten Vortrage, um uns über die Luft klar zu werden, das Gebiet der Physik streifen müssen, so befinden wir uns hier in der gleichen Lage.

Wir wissen alle, daß der elektrische Funke, wenn er als Blitz durch die Luft fährt oder künstlich erzeugt von einem Orte zum anderen überspringt, nicht einen geraden, sondern einen Zickzackweg zurücklegt. Grund hierfür ist der sich ihm entgegenstellende Widerstand der Luft. Pumpt man aber aus einer Glasröhre vermittels einer Luftpumpe die Luft bis auf etwa ein Tausendstel Atmosphäre aus, nachdem man in ihre beiden Enden Drähte, die als Pole einer elektrischen Leitung dienen sollen, eingeschmolzen hat, und leitet den elektrischen Strom hindurch, so springt überhaupt kein Funke mehr von einem Pol zum anderen. Die Röhre, in der jetzt der Luftwiderstand nur

in sehr geringem Maße in Frage kommt, leuchtet statt dessen unter dem Einfluß der Elektrizität ihrer ganzen Länge nach, indem sich die Lichterscheinung von einem Pol zum anderen Pol hinzieht. Mit solchen Röhren lassen sich unter Verwendung verschiedener stark verdünnter Gasarten, wie Wasserstoffgas, Sauerstoffgas, die jedes, wenn die Elektrizität die Röhre durchströmt, andersfarbiges Licht ausstrahlen, wunderhübsche Farbenzusammenstellungen erzielen. Sie heißen nach dem berühmten Glasbläser GEISSLER, der sie zuerst in vollendeter Schönheit anfertigte, GEISSLERsche Röhren.

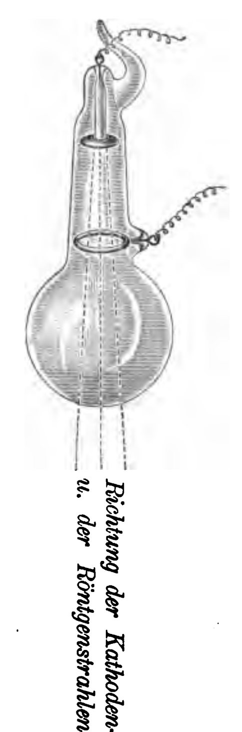


Fig. 18.

Pumpt man jedoch die Luft so vollständig aus solchen Röhren aus, daß der Luftdruck darin weniger als eine Millionstel Atmosphäre beträgt, geht man also hinsichtlich der Verdünnung der Luft außerordentlich viel weiter als bei den GEISSLERschen Röhren, so treten, wenn die Elektrizität diese Röhren durchströmt, wiederum andere Erscheinungen auf. Alsdann leuchtet nicht mehr die ganze Röhre, sondern von dem einen Pol, welcher Kathode heißt, gehen jetzt büschelförmige Strahlen aus, welche den Namen Kathodenstrahlen erhalten haben, während am anderen Pol, welcher Anode heißt, kaum Lichterscheinungen bemerkbar sind.

Verwendet man an Stelle eines geraden Rohres ein in der Abbildung wiedergegebenes Gefäß, so gehen die Kathodenstrahlen überhaupt nicht mehr, wie die Lichterscheinungen in den noch ein wenig Gas enthaltenden GEISSLERschen Röhren, nach der Anode, sondern ohne daß die Anode sie beeinflußt, gehen sie senkrecht zur Eintrittsstelle weiter und erzeugen da, wo sie an der gegenüberliegenden Glaswand anprallen, einen hellen Fleck, wobei sich gleichzeitig die Kathodenstrahlen teilweise in Röntgenstrahlen umwandeln. Der helle Fleck ändert,

wenn man dem Rohre einen Magneten nähert, seinen Platz. Folglich werden diese sichtbaren Kathodenstrahlen im Gegensatz zum gewöhnlichen Licht durch den Magneten beeinflußt.

Röntgen unternahm nun im Jahre 1895 eine Untersuchung der Kathodenstrahlen außerhalb der Röhre,[1]) in welcher man sie erzeugt und führte diese Versuche in einer Dunkelkammer aus. Er bemerkte hierbei, daß, wenn er die Röhre in einen Kasten aus schwarzer Pappe brachte, also vollständig verdeckte, und in der verlängerten Richtung der nun nicht mehr sichtbaren Kathodenstrahlen ein Blatt Papier hielt, das mit einer Lösung von Bariumplatincyanür bestrichen war, dieser Schirm mit gelber Farbe zu fluoreszieren begann. Somit wurde für den in der lichtlosen Dunkelkammer stehenden Experimentator dieser Papierschirm plötzlich sichtbar, eine Erscheinung, die bis dahin keines Sterblichen Auge geschaut, keines Sterblichen Geist geahnt und für möglich erachtet hatte. Hier zeigte sich also eine neue höchst merkwürdige Wirkung durch Strahlen, weit verschieden von den dem menschlichen Auge für gewöhnlich sichtbaren aber jetzt durch die Pappe verdeckten Kathodenstrahlen. Es ergab sich das Vorhandensein von Strahlen, die das menschliche Auge nicht direkt, sondern nur in Form der von ihnen bewirkten Fluoreszenzerscheinungen zu sehen vermag, und die durch die schwarze Pappe, durch welche die Kathodenstrahlen nicht hindurch können, hindurchwirken.

Unter Fluoreszenz versteht man die Eigenschaft mancher Körper, zu denen also das Bariumplatincyanür gehört, ultraviolette Strahlen (wir erwähnten diese oben) in sichtbare Lichtstrahlen umzusetzen. So beruht der täglich uns auffallende grünliche Schimmer, den die meisten Petroleumsorten zeigen, auf Fluoreszenz. Wie die im gewöhnlichen Lichte enthaltenen lange bekannten ultravioletten Strahlen rufen also auch die neuentdeckten Röntgenstrahlen Fluoreszenzerscheinungen hervor.

---

1) Röntgen benutzte anfangs Röhren von dem abgebildeten Aussehen, die inzwischen viele Abänderungen hinsichtlich ihrer Form erfahren haben, an denen aber hinsichtlich des Prinzips nichts mehr geändert worden ist, so daß wir diese älteste und übersichtlichste Form hier beibehalten wollen.



Das mit allem vorangehenden Wissen unvereinbare Fluoreszieren des Bariumplatincyanürs in der lichtlosen Dunkelkammer konnte hier seinen Grund nur in der völlig verdeckten Röhre haben, in der die Kathodenstrahlen erzeugt wurden. Es muß einer Art von Strahlen, die mit den Kathodenstrahlen gleichzeitig entstehen, aber davon verschieden sind, seine Entstehung verdanken, Strahlen, die erstens unser Auge nicht wahrzunehmen vermag, sonst müßten sie die Dunkelkammer erhellen, und die zweitens, im Gegensatz zu allen bisher bekannten Lichtstrahlen, schwarze Pappe durchdringen. Auch ein in der verlängerten Richtung der Kathodenstrahlen gehaltenes Buch oder Holzbrett hinderte nicht das Leuchten des hinter diese Hindernisse gehaltenen mit Bariumplatincyanür bestrichenen Papiers. Folglich können die neuen Strahlen auch durch diese Hindernisse hindurchgehen.

Brachte Röntgen jetzt an die Stelle des mit Bariumplatincyanür bestrichenen Papiers eine lichtempfindliche, also mit Silbersalzen imprägnierte Trockenplatte, so bemerkte er, daß diese Platte in der völlig lichtlosen Dunkelkammer von den für das Auge unsichtbaren Strahlen gerade so, wie vom gewöhnlichen für unser Auge sichtbaren Licht beeinflußt wird, also photographische Bilder geben kann. Brachte er weiter zwischen die Trockenplatte und die die Strahlen liefernde Röhre sehr viel festere Körper als Papier und Holz sind, so zeigte sich hernach darauf deren Schattenbild, wenn die Platte in gewöhnlicher Weise entwickelt wurde.

Da die Strahlen z. B. durch die verhältnismäßig weichen Fleischteile hindurchgehen, aber die weit kompakteren Knochen nicht durchdringen, liefert eine mit den Strahlen beleuchtete Hand — wenn man den Ausdruck leuchtend für die unsichtbaren Strahlen verwenden darf — ihr Knochenskelett als Bild auf der Trockenplatte. Man kann sogar mit diesen Strahlen ohne weiteres bei Tageslicht photographieren, indem man z. B. seine Hand auf ein Kästchen legt, in welchem sich eine durch dieses Kästchen vor dem Tageslichte völlig geschützte Trockenplatte befindet. Läßt man nunmehr die Röntgenstrahlen, die man in einer Röntgenröhre erzeugt, auf die Hand fallen, so wirken sie durch das

Holz des Kästchens, welches das Tageslicht nicht durchdringt, also abhält, auf die Platte, indem sie ja durch das Holz hindurchgehen können und erzeugen hier das Bild.

Da die Röntgenstrahlen nicht durch Linsen brechbar, sind alle mit ihrer Hilfe hergestellten Bilder nur sehr genaue Schattenbilder, die die Größe des Abzubildenden haben. Dadurch stehen sie im Gegensatz zu den eigentlichen Photographien, die das Bild ganzer Landschaften, weil eben das gewöhnliche Licht durch Linsen brechbar ist, auf wenige Quadratzentimeter zu übertragen gestatten.

Die dem menschlichen Auge unsichtbaren Röntgenstrahlen wirken somit auf lichtempfindliche Silbersalze nach Art des gewöhnlichen Lichtes, zeigen also in dieser rein chemischen Wirkung das gleiche Verhalten wie dieses. Sie sind aber, um es kurz zusammenzufassen, nicht etwa ultraviolette oder ultrarote Strahlen, also nicht derjenige Teil des gewöhnlichen Lichtes, den wir auch für gewöhnlich darin nicht wahrzunehmen vermögen, der aber ganz wie dieses durch Linsen und Prismen abgelenkt wird, weil sie eben nicht durch Linsen oder Prismen gebrochen werden. Sie sind auch kein Licht im bisherigen Sinne des Wortes, weil wir sie nicht sehen. Sie sind weiter keine Kathodenstrahlen, weil wir diese wie das gewöhnliche Licht in der Röhre leuchten sehen. Vielmehr verwandelt sich ja erst ein Teil der Kathodenstrahlen beim Aufprallen auf die Glaswand in Röntgenstrahlen. Auch werden sie nicht durch den Magneten beeinflußt, und sind daher keine elektrischen Ströme. Sie sind somit ganz etwas Neues. Von welchem Wert sich dieses Neue, sei es für die Wissenschaft, sei es für das Leben, erweisen wird, kann nur die Zeit allmählich lehren. In der Chirurgie haben sie es bereits zu solcher Wichtigkeit gebracht, daß diese sie nicht mehr missen kann.

Im Jahre 1896 legte sich Becquerel die Frage vor, ob vielleicht eine Umkehrung der Erscheinungen der Röntgenstrahlen existiere, d. h. ob es möglich wäre, da Röntgenstrahlen Fluoreszenz hervorbringen, mittels fluoreszierender Körper Röntgenstrahlen zu erzeugen. Um sich darüber Klarheit zu verschaffen, legte er auf eine durch eine Umhüllung gegen gewöhnliches Licht ge-

schützte photographische Platte die verschiedensten fluoreszierenden Substanzen. Er fand dabei, daß namentlich Verbindungen des Elements Uran durch schwarzes Papier hindurch ihr photographisches Bild auf der hernach entwickelten Platte erzeugt hatten. Somit hatten die Uranverbindungen Strahlen, welche bis dahin unbekannt waren, ausgesandt. Damit begann die Suche nach ähnlich wirkenden Stoffen, welche radioaktiv (von radius, der Strahl, her) sind. Durch diese Eigenschaft zeichnet sich namentlich ein Mineral aus, das Pechblende heißt, und sich ziemlich reichlich in Joachimsthal in Böhmen findet. Es enthält eine Reihe von chemischen Elementen, und bei seiner Zerlegung in dieselben zeigte sich, daß hier die Radioaktivität namentlich dem Element Barium anhaftet. Auch diesen Bestandteil hat man noch weiter zu spalten versucht, und ist dadurch zur radioaktivsten Substanz gekommen, die man kennt. Man hat für den Stoff den Namen Radium gewählt. Im Jahre 1904 kostete ein Gramm Radiumbromid, das ist die Form, in der das Radium in den Handel kommt, 40000 Mark. Darnach kann man ermessen, in wie geringen Mengen Radium in der Pechblende enthalten ist, und welche Mühe es erfordert, diese Spuren von ihm aus dem Mineral herauszuarbeiten.

Elfter Vortrag.

Edle und unedle Metalle. Erz. Gold. Platin. Königswasser. Scheidewasser. Silber. Wertrelation zwischen Gold und Silber. Bimetallismus. Goldwährung. — Reduktion der Metalloxyde. Rösten der Schwefelverbindungen. Gußeisen. Stahl. Schmiedeeisen. Hochofen. Schlacken. Koks. Puddelprozeß. Walzeisen. Schienenwege. Zementstahl. Gußstahl. Bessemerstahl. Spiegeleisen. Mangan. Entphosphorung des Eisens. Flußstahl. Nickelstahl. Chromstahl. Gasfeuerung. Regeneratoren. Freiflammführung. Zink. Galvanoplastik. Kalium. Natrium. Aluminium.

Wir sprechen im Leben von zwei großen Klassen von Metallen, den edlen und den unedlen. Der Hauptunterschied zwischen ihnen besteht darin, daß die edlen Metalle von anderen Elementen, und zwar hauptsächlich Sauerstoff und Schwefel, die infolge ihres massenhaften Vorkommens auf Erden am meisten in Betracht zu ziehen sind, sehr wenig angegriffen werden, während die unedlen deren Angriff sehr bald erliegen, oder anders ausgedrückt sich im Unterschiede zu den edlen gern mit Sauerstoff oder Schwefel chemisch verbinden.

So finden sich denn die edlen Metalle meist als solche auf der Erde, und sind daher verhältnismäßig leicht gewinnbar, während die anderen im Laufe der unendlichen Zeiten bald durch Sauerstoff in Oxyde, bald durch Schwefel in Schwefelverbindungen [1]) übergeführt sind, bzw. in Form noch weit komplizierterer Verbindungen vorkommen.

Wenn die unedlen Metalle dem menschlichen Gebrauche dienen sollen, müssen sie aus der Verlarvung, in der sie sich in

1) Die Bergleute nennen die Schwefelverbindungen bald Kiese, bald Glanze, bald Blenden. Die ersten beiden haben einen metallischen Habitus wie z. B. der Bleiglanz, die letzteren zeigen diesen nicht.



der Natur finden, durch irgend einen Prozeß befreit werden. Man spricht von ihren natürlich vorkommenden Verbindungen als von ihren Erzen, wenn sich diese an einer Stelle in solchen Massen finden, daß die technische Abscheidung des Metalles daraus lohnend wird.

Nur in der dichterischen Sprache wird Erz, und im Anschluß daran ehern, als Bezeichnung für Metall oder Metallgemische bzw. für metallisch gebraucht, während im praktischen Leben ersteres Wort also niemals das Metall selbst, sondern irgend eine in der Natur sich findende Verbindung desselben bedeutet, und letzteres hier überhaupt nicht verwendet wird.

Es hätte wenig Zweck, hier alle Metalle zu besprechen, zumal sich dabei viele Wiederholungen ergeben würden. Abgesehen von einigen Mitteilungen über edle Metalle wollen wir daher nur die Gewinnung des Eisens als des im Leben wichtigsten derselben ausführlich erörtern. Sie wird uns zugleich ermöglichen, einen genügenden Einblick in die Metallgewinnung überhaupt zu geben.

Das Gold — und das Platin — kommen, als auch im chemischen Sinne edle Metalle, fast nur als solche auf der Erde vor. Man findet das Gold und ähnlich das Platin im Sande der Flüsse oder auch sonst in Sandlagern, und wäscht die Metalle aus diesen heraus. Solche goldhaltigen Sandlager nennt man Goldseifen. Findet sich das Gold im harten Gestein eingesprengt, so wird dieses zerstampft und gemahlen, und das Metall entweder direkt mit Wasser herausgewaschen, oder mit Hilfe von Quecksilber oder Cyankalium, welche das Gold auflösen, herausgezogen.

So erfolgte z. B. auch die Verarbeitung des goldhaltigen Gesteins in Südafrika, das in 1000 kg etwa 15—20 g Gold im Werte von 40—50 Mark, also einen Prozentgehalt von nur etwa 0,002 % Gold enthält, somit außerordentlich arm erscheint, anfangs, wie in den meisten Bergwerken, nur durch Zerstoßen des Materials in Stampfwerken unter Zugabe von Wasser und Quecksilber. Dabei löste das Quecksilber das Gold auf, und das Amalgam wurde hernach destilliert, wobei das Quecksilber überdestilliert,

während das Gold in der Retorte bleibt. Nun blieb aber infolge der Beschaffenheit des afrikanischen Gesteins ein bedeutender Teil des Goldes auch nach dieser Behandlung im zerstampften Gestein zurück, schien also für die Menschheit verloren. Da erfand MAC-ARTHUR FOREST Anfang der neunziger Jahre das Auslaugeverfahren dieser Rückstände mit einer Lösung von Cyankalium, und diese entzieht ihnen fast das ganze noch vorhandene Gold. Die Rückstände wurden dazu in Bottichen aus Zement, die etwa 400 000 Liter fassen, mit einer schwachen Cyankaliumlösung übergossen, es wird Luft durchgeblasen, deren oxydierende Wirkung für den Prozeß durchaus nötig ist, und jetzt löst sich das Gold. In die vom Rückstande abgezogene Lösung bringt man bleihaltiges Zink, und während dieses in Lösung geht, scheidet sich an seiner Statt das Gold wieder als Metall aus. Dieses Verfahren bewährt sich so vorzüglich, daß es jetzt schon an vielen Stellen der Erde beim Zugutemachen armer Golderze benutzt wird, die sonst als unlohnend gar nicht bearbeitet werden könnten. Es stellt ohne Zweifel den größten Fortschritt dar, den die industrielle Goldgewinnung jemals gemacht hat und hat viel dazu beigetragen, die Goldgewinnung so gewaltig anwachsen zu lassen.

Die Gewinnung des Silbers ist, abgesehen von den Orten, an denen es gediegen vorkommt, schon nicht mehr so einfach, daß sie hier auseinandergesetzt werden kann. Wir wollen, da alle Methoden nur speziell für das Silber brauchbar sind, hier nicht näher darauf eingehen, obgleich namentlich ihre Vervollkommnungen in chemischer Beziehung so viel zu seinem Preissturz beigetragen haben.

Mehr kann uns hier schon die jetzt noch so brennende Frage vom Werte dieser beiden Metalle interessieren.

Die älteste Nachricht hierüber besitzen wir etwa aus dem Jahre 710 vor Christus. In den Fundamenten des Palastes des Königs Sargon in der damals assyrischen Stadt Khorsabad, die aus jener Zeit stammen, sind eine Gold- und eine Silberplatte mit Inschriften gefunden worden, aus denen folgt, daß damals ein Pfund Gold $13^1/_3$ Pfund Silber Wert war. Diese Wertrelation

finden wir höchst merkwürdigerweise in allen späteren Zeiten immer ungefähr wieder, so im alten Rom, wie auch im Mittelalter. Das genaue Wertverhältnis zwischen Gold und Silber ist ununterbrochen seit 1687 bekannt, von welchem Jahre ab die Kaufleute der Londoner und der Hamburger Börse den Wert beider Metalle notieren ließen.

Da finden wir denn, auf Gewicht gerechnet, daß dieses Verhältnis zwei Jahrhunderte fast, nämlich bis zum Jahre 1874, nur sehr wenig schwankte, indem ein Pfund Gold im großen ganzen so viel wie $15^1/_2$ Pfund Silber galt. Mit dem Jahre 1874 änderte sich das. Die ganz ungeheure Vermehrung der Silberproduktion, die von Amerika ausging, und die später eine Zeitlang noch von Australien hinsichtlich des Wachstums der Produktion übertrumpft wurde, setzte so viel weißes Metall in die Welt (siehe die Produktionszahlen), daß das Angebot bei weitem über den Bedarf hinausging.

Ob es sich dabei nun um weißes Metall oder rotes Metall — mit dem Kupfer geht es infolge der Überproduktion z. B. hinsichtlich seines Preises gegenwärtig ebenso — oder um Getreide handelt, ist ziemlich gleichgültig: Was mit Gewalt verkauft werden soll, muß billiger abgegeben werden, und so wurde als Folge der ungeheuren Produktionsvermehrung, der ein genügender Bedarf nicht gegenübersteht, das Silber fortwährend billiger. Man bekam infolgedessen für ein Pfund Gold schon in der für den Wert des Silbers schlimmsten Zeit bis über 37 Pfund Silber.

So liegen die Verhältnisse, wenn man mit Gold und Silber als Waren rechnet, und das sind sie; denn sie werden wie jede andere Ware irgendwie und irgendwo erzeugt, und so hängt auch ihr Wert, wie der jeder anderen Ware von Angebot und Nachfrage ab.

Die Totalproduktion der Welt an Gold belief sich den genauesten Schätzungen zufolge vom Jahre 1492 ab, also seit der Entdeckung Amerikas, bis zum Jahre 1900 einschließlich auf 13892500 Kilo. Die Totalproduktion an Silber betrug im gleichen Zeitraume 260092600 Kilo.

Die genaueren Zahlen für die letzten 38 Jahre sind folgende. Die Gewinnung an beiden Metallen betrug:

Im Durchschnitt der 5 Jahre	jährlich an Gold	jährlich an Silber
1871—1875	173100 Kilo	1960280 Kilo
1881—1885	148440 „	2848420 „
1891—1895	244040 „	4878640 „
1896—1900	385800 „	5120460 „
Im Jahre	**an Gold**	**an Silber**
1901	396288 Kilo	5444193 Kilo
1903	493083 „	5216800 „
1904	522250 „	5112479 „
1905	567462 „	5218006 „

Man nimmt an, daß die Ausbeute an Gold in den Jahren 1906 und 1907 annähernd gleich groß gewesen ist, und beide Male rund 591500 Kilo betragen hat.

Ein Kilo Gold ist 2784 Mark, ein Kilo Silber war zu Beginn des Jahres 1908 76 Mark wert.

Viel komplizierter erscheint ihr Wertverhältnis, wenn man es sich an den Münzen, die aus diesen beiden Metallen geprägt werden, klar machen will. Auf die Zusammensetzung der Münzen kommen wir im Vortrage XII bei den Metalllegierungen zurück.

Die alten Griechen und Römer hatten im großen ganzen so viel Gold als sie für Münzzwecke brauchten. Deshalb findet man bei ihren Schriftstellern keine direkten Klagen über Mangel an Gold. Die Völkerwanderung jedoch, welche etwa seit dem Jahre 375 nach Christus die ganze Kulturwelt zerstörte, und auch so ziemlich jeden Bergbau zum Erliegen brachte, hatte allmählich die einstigen Goldvorräte derartig verschleppt, daß sich mit der Zeit ein außerordentlicher Mangel an diesem Metall geltend machte. Dieser Mangel wurde die Ursache der Alchemie. Er war es, der den menschlichen Geist aufstachelte, womöglich Gold künstlich zu machen, um zu diesem bequemsten Tauschmittel für alle Waren und damit zur bequemsten Unterlage für den Handelsverkehr zu kommen. Das Ziel ist bekanntlich nicht erreicht worden, weil die Herstellung des künstlichen Goldes nun einmal

unerreichbar ist. Die gewaltige Arbeit aber, die darauf verwendet worden ist, hat zur Sammlung einer Unsumme von chemischen Kenntnissen geführt, aus denen sich schließlich die Chemie als Wissenschaft entwickelte. Erst unter Karl dem Großen waren in dem von ihm geschaffenen Riesenreich um das Jahr 800 die politischen Verhältnisse wieder so weit geordnet, daß sich ein Bedarf an allgemein gültigen Münzen allgemein geltend machte. Als Metall hierfür konnte aber zu dieser Zeit nur das Silber in Betracht kommen, weil Gold einfach nicht in genügender Menge zu haben war. So schuf denn Karl der Große folgende Münzordnung, die, weil sie auf Silber basiert, als Silberwährung bezeichnet wird. Das Pfund (libera) Silber wird ihr zufolge in 20 Stücke zerschlagen, die Solidus (Schilling) heißen. Jeder Solidus wieder wird in 12 Stücke zerlegt, die Denar (Pfennig, Pence) heißen. Wie wir sehen, ist das das Geldsystem, nach welchem bis auf den heutigen Tag in England gerechnet wird. Das Pfund Sterling hat 20 Schillinge zu 12 Pence. Der Unterschied gegen die Zeit vor 1100 Jahren ist allein der, daß das Pfund Sterling nur etwa 20 Mark wert ist, während von der Zeit Karls des Großen an bis vor etwa 40 Jahren ein Pfund Silber rund 160 Mark wert war. Der Grund für diese Herabminderung des Wertes für ein Pfund Sterling ist aber einfach der, daß die englischen Könige, wenn im Mittelalter bei ihnen große Geldnot eintrat, die Münzen entsprechend verschlechterten. Noch weit ärger als sie haben es die französischen Könige getrieben; Diese haben bis zum Eintritt der großen Revolution das Livre (die libera) sogar bis auf 4 Mark heruntergebracht gehabt.

Goldmünzen sind in Europa zuerst wieder in den oberitalienischen Städterepubliken, wie Pisa, Genua, Venedig geprägt worden. Der ausgedehnte Handel dieser Städte mit der Levante, also Kleinasien, hatte ihnen allmählich so viel Gold zugeführt, daß seine Ausprägung lohnend wurde. Den Anfang damit machte Florenz im Jahre 1252. Von hier stammt die Bezeichnung der Goldmünzen als Floreni, oder Fiorini. Etwas später kam der Name Dukaten auf, welcher der italienischen Bezeichnung für Herzog entstammt. Auch bezeichnete man die Goldmünzen

einfach als Zechinen vom italienischen Zecca die Münze her. In Deutschland sagte man glattweg Gulden (die goldene Münze).

Solange das Verhältnis zwischen Gold und Silber konstant blieb, also für die jetzt Lebenden bis etwa zum Jahre 1874, war es ganz gleich, ob man ein Pfund Goldmünzen oder 15,5 Pfund Silbermünzen — auf den reinen Gehalt an Gold und Silber gerechnet — besaß, denn jederzeit konnte man, je nachdem man es nötig hatte, die Goldmünzen gegen das entsprechende Quantum Silbermünzen oder umgekehrt eintauschen.

Das war die Zeit des „berechtigten" Bimetallismus. Da sich beide Metalle wegen ihres relativ hohen Wertes an sich zu Münzen eigneten, prägten die Staaten diese im Gewichtsverhältnis von 1 zu 15,5 aus.

Als nun die Zeit kam, in welcher man für 1 Pfund Gold 16 Pfund Silber, ja 17 Pfund usw. Silber bekommen konnte, mußten natürlich die Staaten ihre Münzanstalten sehr bald für die Ausprägung des ihnen von Privatleuten gelieferten Silbers schließen, womit das Ende des Bimetallismus gekommen war. Denn sie hätten ihren gesetzlichen Vorschriften gemäß aus 15,5 Pfund Silber immer weiter den gleichen Wert an Münzen, wie aus einem Pfunde Gold prägen müssen, während man die 15,5 Pfund ungeprägten Silbers schon für, sagen wir, $^{9}/_{10}$ Pfund und hernach für immer weniger Gold kaufen konnte, wodurch natürlich alle Goldmünzen sofort aus den betreffenden Ländern ausgewandert wären. Denn die Händler, in diesem Falle Bankiers genannt, hätten diese ins Ausland geschafft, und dort für ein Pfund Goldmünzen — immer auf reines edles Metall gerechnet — nicht nur 15,5, sondern allmählich 30 und mehr Pfund Silber bekommen, und letzteres sodann den betreffenden Staatsanstalten zur Ausprägung übergeben. Diese hätten aber so viel Münzen schon aus 15,5 Pfund Silber anfertigen müssen, daß sie ihrer Aufschrift nach die gleiche Summe wie ein Pfund Goldmünzen repräsentierten, die jedermann in dem betreffenden Lande als vollgültig hätte annehmen müssen. Folglich hätte der Händler bei dem oben genannten Verhältnis beim Verkauf jeden Pfund Goldes und nachherigem Ausprägen des dagegen gekauften Silbers

14,5 Pfund Silber verdient. In den letzten Jahren konnte man, wie erwähnt, nun schon für 1 Pfund Gold bis 37 Pfund Silber bekommen. Man würde also, wenn die betreffenden Staaten noch wie ehemals Silbermünzen für Rechnung von Privatleuten prägten, an jedem einzelnen Pfund Goldmünzen, das man aus ihnen ausführte, wenn man dagegen Silbermünzen geprägt bekommen hätte, bis zu 21,5 Pfund Silber verdient haben. Da ist es doch klar, unter diesen Umständen wäre nicht ein Pfund Goldmünzen in den betreffenden Ländern geblieben.

Rechnet man die angegebenen Gewichtsverhältnisse in Geld um, so bedeutet das folgendes. In London, welches noch immer der maßgebende Platz im Edelmetallverkehr ist, kostete bis 1874 eine Unze Silber (das sind etwa 31 Gramm) im kaum schwankenden Durchschnitt der Jahre zirka 60 Pence, und zuzeiten kaufte man später die Unze schon etwa für 21 Pence. Gegenwärtig kostet sie 27 Pence.

Da wir im deutschen Reich Goldwährung haben, sind wir von diesen Schwankungen unabhängig; denn das Gesetz bestimmt bei uns glattweg, daß aus einem Kilo Silber 200 Mark geprägt werden, und zwar in einer Menge, die bis zum Jahre 1900 10 Mark auf den Kopf der Bevölkerung betrug, damals auf 15 Mark und im Jahre 1908 auf 20 Mark erhöht worden ist. Daher sind z. B. 20 Mark in silbernen Einmarkstücken an sich jetzt lange nicht so viel wert, wie ein goldenes Zwanzigmarkstück, sondern, wenn diese 20 Stücke zufällig zusammenschmelzen, ist der Silberklumpen, der, wie aus der gesetzlichen Bestimmung hervorgeht, 100 Gramm ungeprägtes Silber enthält, eine nur nach Gewicht verkäufliche Handelsware, und als solche noch nicht für 8 Mark verkäuflich, weil gegenwärtig der Preis des Silbers nur 76 Mark für ein Kilogramm beträgt. Die 20 Einmarkstücke sind also nur infolge der gesetzlichen Bestimmung so viel mehr wert als ihrem Silbergehalt entspricht, und das Gesetz bestimmt deshalb zugleich, daß, da wir Goldwährung haben, niemand gezwungen ist, bei einer einzelnen Zahlung mehr als 20 Mark in Silber anzunehmen.

Nun ist es sehr wunderbar, daß es in Europa überall noch

die Partei der Bimetallisten gibt, die die Heilung aller wirtschaftlichen Schäden, oder sagen wir die bessere Bezahlung jeder Arbeit und Werterhöhung jedes Besitzes, und damit eine allgemeine Verbesserung unserer sozialen Verhältnisse davon erhofft, daß womöglich das Wertverhältnis von Gold zu Silber wie 1 zu 15,5 wieder hergestellt werde, die also von dieser vergangenen Zeit schwärmt.

Die weniger enragierten Anhänger dieser Theorie wollen sich allerdings jetzt etwa mit dem Verhältnis 1 zu 22 begnügen — wie man sieht, sind die Bimetallisten nicht einmal mehr untereinander sich darüber einig, was sie eigentlich wollen — während in Wahrheit das Verhältnis jetzt also schon bis um 1 zu 37 herum schwankte.

Gerade dieses Schwanken macht aber jeden Bimetallismus heutzutage unmöglich. Denn wenn auch die Staaten infolge internationaler Abmachungen beschließen würden, wieder Gold- und Silbermünzen in einem bestimmten Verhältnis von einem Pfund Goldmünzen zu einer festgesetzten Anzahl Pfunde, sagen wir z. B. 22 Pfund Silbermünzen zu prägen, so würde das doch die Silberminenbesitzer der ganzen Welt, da jetzt Silber wieder mehr wert wäre, nur veranlassen ihre Produktion — „die durch ihre Vergrößerung den alten berechtigten Bimetallismus, auf den sie, solange er existierte, nie Rücksicht genommen haben, zerstörte“ — weiter um so und so viel zu vergrößern, bis dem neuen internationalen Bimetallismus glücklich auch wieder der Garaus gemacht wäre.

Ohne internationale Abmachungen geht es natürlich überhaupt nicht, denn wollte ein einzelner Staat gegenwärtig Silbermünzen wieder aus so viel Silber, als ihm dazu übergeben würde, zu einem Satze, der für das Verhältnis von Gold zu Silber viel günstiger wie 1 zu 37 etwa wäre, prägen, er wäre, wie wir oben dargelegt haben, in wenigen Wochen alle seine Goldmünzen los.

So sind denn die Staaten am besten daran, die Goldwährung haben. Ihre Bewohner besitzen einen stabilen, keinen Schwankungen unterworfenen Wertmesser für alle Dinge, die in Geld ausgeglichen werden sollen, und so sind denn jetzt bereits

alle Kulturstaaten zur Goldwährung übergegangen. Bis vor fünfzehn Jahren etwa beunruhigten die Bimetallisten die Gemüter auch damit, es gäbe gar nicht genug Gold, um in allen Staaten die Goldwährung zu ermöglichen, indem man nicht so viel Goldmünzen würde herstellen können, als im Verkehr gebraucht werden. Nach den massenhaften Goldfunden in Südafrika, sowie in Klondyke im nördlichsten Amerika und in Westaustralien, ist aber diese Sorge für die jetzt lebende Generation geschwunden, wie die Produktionszahlen zeigen.

Sicher würden die Bimetallisten, so lange sie das Schwanken des Silberpreises nicht wieder aus der Welt schaffen, nur eines erzielen, wenn sie die Kulturstaaten zur Einführung eines internationalen Bimetallismus veranlassen könnten auf die Utopien hin, die sie von dem dann anbrechenden wirtschaftlichen Völkerfrühling jedem, der davon hören will, ausmalen, — „denn einen zuverlässigen Beweis für ihre Behauptungen hat nie einer von ihnen beigebracht, weil es einen solchen gar nicht gibt, sonst könnte er mittels dieses die maßgebenden Kreise ja leicht zur Wiedereinführung des Bimetallismus bekehren" — sicher wäre nur, daß die Besitzer der amerikanischen und australischen Silberminen sehr viel mehr an ihren Minen verdienten, und daran haben die Europäer doch kein großes Interesse. Der Nutzen der europäischen Silberproduzenten würde wegen der Kleinheit der europäischen Produktion daneben ganz unbedeutend sein. Alle sonstigen Fortschritte für Europa, die das Wort Bimetallismus für dieses mit sich führen soll, beruhen auf Anschauungen, für die sie schwärmen, für die sie positive Beweise also nicht beibringen können, während sie manche theoretischen Beweise konstruiert haben, die auf nicht Sachverständige ihren Eindruck nicht verfehlen.

Daher konnte es nicht wundernehmen, daß, seit der Bimetallismus sich an die große Masse wandte, er die Anzahl seiner Anhänger sehr wachsen gesehen hat. Die Besucher der Versammlungen verstanden zwar meist wegen der Schwierigkeit des Themas den Zusammenhang des Vorgetragenen nicht recht, aber der Vortragende behauptet doch, daß der wiederhergestellte Bimetallismus, dieses so geheimnisvolle Wort für sie, wenigstens

einen Teil jenes Glückes auf Erden, auf das jeder gewiß seinen berechtigten Anspruch hat, herbeiführen würde. Weshalb sollten sie da nicht für den Bimetallismus sein. Rief nicht auch im Jahre 1826 ein Teil der Truppen zu Petersburg bei der Thronbesteigung des Kaisers Konstantin, es lebe die Konstitution statt es lebe Konstantin, nachdem ihm gesagt worden war, ersteres wäre der Name der neuen Kaiserin.

Würde z. B. das Deutsche Reich wieder zum Bimetallismus auf der Grundlage von $1:15^1/_2$ übergehen, so wäre folgendes ein Beispiel für spätere Zahlungsverhältnisse bei uns. Nehmen wir an, ein Besitzer habe sein Grundstück mit einer Hypothek von 10 kg Gold belastet. Das bedeutet, da die Reichsbank für ein Kilo Gold stets 2784 Mark bezahlt, daß die Hypothek 27840 Mark beträgt. Wenn er vier Prozent Zinsen dafür zu zahlen hat, so macht das 400 Gramm Gold oder 1113 Mark 60 Pfennige aus. Würde er nun später an Stelle von 400 g Gold das $15^1/_2$fache Gewicht Silber in Zahlung geben dürfen, so sind das 6200 Gramm Silber. Diese könnte er, da das Kilo Silber jetzt zu 76 Mark zu haben ist, für 471 Mark 20 Pfennige kaufen. Somit würde er an Zinsen 642 Mark 40 Pfennige ersparen. Um diese letztgenannte Summe würde also der Gläubiger, der einst den Wert der Hypothek in Gold hergab, betrogen werden, wenn wir dieses Verhalten mit dem entsprechenden Ausdruck bezeichnen wollen. Kurzum die Rückkehr zum Bimetallismus im alten Sinne ist bei dem so gesunkenen Preise des Silbers einfach undenkbar geworden.

Wenn die Anhänger des Bimetallismus wohl auch noch viele Reden zu seinen Gunsten halten werden, indem die vom Stein des Bimetallismus im Entenpfuhl der Währungsdebatten erregten Wellen sich erst sehr allmählich beruhigen werden, an irgend welchen praktischen Erfolg werden sie allmählich selbst nicht mehr glauben. Wie lange unter diesen Umständen noch ernstlich mit der Partei der Bimetallisten zu rechnen sein wird, ist schwer zu sagen. —

Der Bedarf an Silber ist aber, worauf wir hinzuweisen nicht unterlassen wollen, ganz abgesehen von Münzzwecken, ein sehr

bedeutender. Die zunehmende Wohlhabenheit der Welt vermehrt z. B. ununterbrochen die Verwendung von silbernen Geräten, denken wir nur an silberne und versilberte Messer, Gabeln und Löffel. Mit dem Aufhören des Prägens von vollwertigen Silbermünzen hörte also durchaus nicht der Bedarf an diesem Metall auf, aber die gegenwärtige Silberproduktion der Welt findet ihre Hauptverwendung zu anderen Zwecken als früher.

Die unedlen Metalle, zu denen wir jetzt übergehen, werden, wie erwähnt, aus ihren Erzen, die im großen ganzen entweder Oxyde oder Schwefelverbindungen sind, gewonnen. Aus den Oxyden, also den Sauerstoffverbindungen, erfolgt ihre Abscheidung so, daß man diese mit Kohle in geeigneten Öfen erhitzt. Sie werden dadurch, wie man das nennt, zu Metall reduziert, was sich durch folgende Gleichung ausdrücken läßt.

Eisenoxyd + Kohle = Eisen + Kohlenoxyd.

Die Schwefelverbindungen müssen, um in dieser Weise, welche die im Großbetriebe einzig brauchbare ist, auf Metall verarbeitet werden zu können, erst an der Luft erhitzt, geröstet werden, wie der Ausdruck lautet. Dabei verbrennt der Schwefel zu schwefliger Säure und das Metall zu Oxyd, welches darauf seinerseits mit Kohle reduziert wird z. B.

Schwefelzink + Sauerstoff = Schweflige Säure + Zinkoxyd und
(führt als Erz den Namen Zinkblende) (aus der Luft)

Zinkoxyd + Kohle = Zink + Kohlenoxyd.

Geht die schweflige Säure in die Luft, so verdirbt sie weithin allen Pflanzenwuchs (siehe Seite 197). Deshalb fängt man sie heutzutage meist mit Hilfe verbesserter Ofeneinrichtungen auf, und verarbeitet sie auf Schwefelsäure.

Wir haben oben in den Gleichungen angegeben, daß bei der Reduktion der Metalloxyde die Kohle in der Hitze dieser Öfen nur in Kohlenoxydgas übergeht, während wir sonst immer sahen, daß Kohle gleich zu Kohlensäure verbrennt.

Da für das Verständnis des folgenden die Kenntnis des Verhaltens des Kohlenstoffs gegenüber dem Sauerstoff, also die Art wie er verbrennt, absolut notwendig ist, muß sie hier klargelegt werden, was glücklicherweise sich mit wenigen Worten erledigen läßt.

Der Grund also dafür, daß bei der Metallgewinnung die Kohle nur zu Kohlenoxyd verbrennt, ist der, daß die zur Reduktion der Metalloxyde nötige Temperatur so hoch liegt, daß der Kohlenstoff nur noch ein Atom Sauerstoff zu binden vermag. Mit diesem bildet er Kohlenoxydgas. Dieses Gas kann nachträglich mit einem zweiten Atom Sauerstoff seinerseits wieder weiter zu Kohlensäure verbrennen. Folgende Gleichungen geben die Vorgänge sehr klar wieder.

Kohle + 1 Atom Sauerstoff = Kohlenoxyd
$$C + O = CO$$
Kohlenoxyd + 1 Atom Sauerstoff = Kohlensäure
$$CO + O = CO_2$$

Das Kohlenoxyd ist also die Zwischenstufe der Verbrennung zwischen der Kohle und der Kohlensäure.

Nunmehr gehen wir speziell zur Gewinnung des Eisens über. Beim Eisen unterscheidet man von alters her drei Sorten:

Gußeisen, welches 2,3 Prozent und mehr Kohlenstoff enthält.
Stahl, welcher 1,6 Prozent und weniger Kohlenstoff enthält, aber mehr als
Schmiedeeisen, welches etwa 0,5 Prozent Kohlenstoff enthält.[1])

Wir müssen uns auch dieses, um das Folgende zu verstehen, genau merken.

Das Gußeisen ist verhältnismäßig leicht schmelzbar und kann, wie schon sein Name besagt, zu Gußwaren dienen, läßt sich aber nicht schmieden; denn beim Erhitzen geht es aus dem festen Zustand sogleich in den flüssigen über. Stahl und Schmiedeeisen werden dagegen beim Erhitzen weich, und sind deshalb schmiedbar. Der erweichte Stahl kann nur in sehr hoher Tem-

1) Anmerkung: Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt zwischen 1,6 und 2,3 Prozent findet keine technische Verwertung.

peratur zum Schmelzen gebracht werden, während Schmiedeeisen im gewöhnlichen Ofenfeuer bis auf den heutigen Tag unschmelzbar ist. Die aus Stahl geschmiedeten Gegenstände können hernach durch schnelles Abkühlen gehärtet werden. Die aus Schmiedeeisen hergestellten sind aber nachher nicht härtbar. Der Begriff schmiedbar besagt also, daß diese Eisensorten bei heller Glühhitze so weit erweichen, daß sie sich durch Hammerschläge oder sonstwie ausgeübten Druck in beliebige Formen bringen lassen.

Beide Sorten sind auch schweißbar, d. h. bei sehr hoher Temperatur, nämlich bei Weißglut lassen sich zwei Stücke derselben durch kräftiges Hämmern zu einem Stück vereinigen. Sie verhalten sich dann also etwa so, wie zwei zwischen den Fingern erweichte Stücke Bienenwachs, die sich durch Drücken leicht zu einem Stück vereinigen lassen. Daß diese Art zu schweißen jetzt oft durch autogenes Schweißen ersetzt wird, erfuhren wir Seite 39.

Die neueste Eisenkunde unterscheidet zwar weit mehr Eisensorten, für uns genügt aber die oben angeführte Einteilung, wie wir uns überzeugen werden.

Doch werden heute andererseits so viele schmiedbare Zwischenstufen zwischen Stahl und Schmiedeeisen hergestellt, daß man häufig kaum in der Lage ist zu sagen, ob man es mit einem Stahl oder einem Schmiedeeisen zu tun hat. Deshalb tut man vielleicht besser die schmiedbaren Eisensorten, statt sie als Stahl und Schmiedeeisen zu unterscheiden, jetzt in Rücksicht auf den Endprozeß ihrer Darstellung zu benennen. Wie wir im folgenden sehen werden, werden schmiedbare Eisensorten zum Teil so erhalten, daß das Ausgangsmaterial, ohne daß es zum Schmelzen kommt, in eine schmiedbare Masse verwandelt wird. Solche Eisensorten nennt man Schweißstahl oder Schweißeisen. Aber es wird auch bei anderen Prozessen in eine geschmolzene also geflossene Masse, die hernach schmiedbar ist, verwandelt. Solche Sorten nennt man Flußstahl oder Flußeisen. Weil wir diesen Ausdrücken jetzt fortwährend begegnen, z. B. bei Beschreibung großer Brückenbauten usw., war es nötig, dieselben hier zu erklären. Zur Darstellung des Schweißeisens und Schweißstahls dienen jetzt hauptsächlich

Das Puddeln
Das Zementieren
Das Tempern.

Zur Herstellung des Flußstahls und Flußeisens dienen

Das Bessemerverfahren
Das Siemens-Martinverfahren

die wir nun, uns wiederum an die historische Entwickelung (siehe Seite 235) haltend, kennen lernen wollen.

Wie wir sahen, enthält jedes Handelseisen Kohlenstoff. Während es nun bekannt ist, daß man alle anderen Metalle so rein wie möglich herzustellen sucht, indem ihre besonderen Eigenschaften im Stadium der größten Reinheit am besten zur Geltung kommen, liegen somit die Verhältnisse beim Eisen ganz anders. Gerade die Verunreinigung des Eisens durch Kohlenstoff, wenn es in diesem Falle erlaubt ist den Ausdruck anzuwenden, ist also durchaus notwendig, um ihm jene verschiedenartigen Eigenschaften zu erteilen, die es zum brauchbarsten aller Metalle machen.

Doch nimmt Eisen über 2,3 Prozent Kohlenstoff nur in sehr hoher Temperatur auf, und infolgedessen kannte das Altertum Gußeisen überhaupt nicht. Wohl aber ist Schmiedeeisen uralt bekannt. Man nimmt jetzt an, daß die Philister um das Jahr 1500 vor Christus seine Herstellung zuerst herausgefunden haben. Jedoch, auch die Gewinnung des Schmiedeeisens hing ganz von der Höhe des Kulturzustandes der betreffenden Länder ab. Denn Cäsar berichtet, daß, als er nach Britannien kam, also in der Mitte der fünfziger Jahre vor Christi Geburt, dort Gold und Eisen ziemlich gleichwertig gewesen sind, indem die Einwohner nur das wenige, was durch Händler hinkam, besaßen.

Zu jener Zeit war also die Eisendarstellung in England noch unbekannt, jenem Lande, in dem hernach, wie wir sehen werden, die größten Erfindungen auf diesem Gebiete gemacht worden sind, dessen Roheisenproduktion Jahrhunderte lang die bedeutendste auf Erden geblieben ist. Denn erst kurz vor Beendigung des neunzehnten Jahrhunderts überholte sie die Produktion der Vereinigten Staaten von Nordamerika, die ja aber auch ihrem Flächeninhalt nach außerordentlich viel größer sind, und bald

darauf überholte sie auch Deutschland[1]). Als Beispiel des rücksichtslosen Vorgehens amerikanischer Grubenbesitzer sei folgendes angeführt. Um das Jahr 1890 wurden die Mesabi-Eisensteingruben entdeckt, deren Erz 58 Prozent Eisen enthält. 1892 förderte man dort 4245 Tonnen (zu 1000 Kilo) Erze, 1893 613620 Tonnen, 1894 1792170 Tonnen. Bald darauf sollte die Förderung andauernd auf 5000000 Tonnen jährlich gebracht werden, eine Produktionsvermehrung, wie sie im gleichen Verhältnisse in Europa undenkbar ist.

Das Ausschmelzen des Eisens aus seinen Erzen ist nun ohne gleichzeitige Erörterung der Herstellung der für diesen Zweck notwendigen hohen Temperatur nicht klar zu machen. Ihre Erzeugung in passend konstruierten Ofen ist eine an und für sich höchst interessante Aufgabe der Technik, und wir müssen die Art und Weise der Verwendung der Brennmaterialien zur Herstellung solch hoher Temperaturen immer an den betreffenden Stellen mit erörtern.

Denken wir uns Holz oder Kohle oder sonst ein Brennmaterial am Boden liegend brennen, so werden wir nur ein wenig brauchbares Flackerfeuer erzielen, indem der Zutritt der Luft,

---

1) Anmerkung: Vor hundert Jahren, im Jahre 1807, hatte sich die Welterzeugung an Eisen auf 760000 Tonnen belaufen. Gegenwärtig beträgt sie jährlich etwa 57 Millionen Tonnen. Diese Zahl bedeutet, daß in jeder Minute des Jahres 1907 über 100000 Kilo Roheisen erzeugt wurden. Vergleicht man den Fortschritt der letzten 25 Jahre, so ergeben sich für die Hauptländer der Roheisenerzeugung folgende Zahlen:

	1882	1907	
Vereinigte Staaten von Nordamerika	4600000	27000000	Tonnen
Deutschland	3400000	12800000	„
Großbritannien	8600000	10100000	„
Frankreich	2000000	3400000	„
Rußland	400000	2800000	„
Österreich-Ungarn	600000	1900000	„
Belgien	700000	1500000	„
Schweden	400000	600000	„
Spanien	100000	400000	„
Japan	—	80000	„

mit dessen Hilfe der Kohlenstoff doch nur verbrennen kann, ein ganz ungenügender ist.

Anders gestaltet sich schon die Sache, wenn wir das Heizmaterial auf einem durchbrochenen Boden anzünden, so daß die Luft auch von unten zutreten kann. Wir erreichen das ja, indem wir die Feuerung auf Rosten brennen lassen. Sorgen wir dafür, daß die Verbrennungsprodukte, also die Kohlensäure usw. recht rasch entfernt werden, indem wir ein Rohr als Zugerreger in passender Höhe über dem Feuer befestigen, so veranlaßt die durch den Rost nachströmende Luft ein gleichmäßiges kräftiges Brennen des Materials.

Ein solches Rohr, das in den Häusern die Form des Schornsteins annimmt, wirkt als Zugerreger, indem die durch das Feuer stark erhitzten Gase, also namentlich die entstandene Kohlensäure und der mit der Luft zugleich in die Feuerung gelangte Stickstoff sich ausdehnen, und jetzt durch die Hitze leichter sind, als die umgebende Luft, folglich das Bestreben haben aufzusteigen. Dadurch wirken sie andererseits zugleich saugend und hierdurch strömt durch die Roste neue Luft an ihre Stelle.

In einem derartigen Feuer lassen sich schon manche Metalloxyde durch Kohle reduzieren, also in Metall überführen, aber nicht das Eisenoxyd. Dies wird erst reduziert, wenn man einem solchen Feuer die Mühe abnimmt sich die Luft anzusaugen, indem man sie statt dessen geradezu in das Feuer hineinbläst, wodurch natürlich ein sehr heftiges Verbrennen erzielt wird. Eine derartige Vorrichtung repräsentiert jedes Schmiedefeuer, da es ja mit dem Blasebalg angefacht wird.

Im Schmiedefeuer reduzierten denn auch die Alten das Eisenoxyd und kamen, je nach der Art zu arbeiten, zu Klumpen bald von Schmiedeeisen bald von Stahl. Entsprechend der Behandlung, welcher sie das Eisenoxyd bei der Rennarbeit, so nennt man diese Art der Eisendarstellung (siehe Figur 19), unterwarfen, verband sich mit dem Eisen, bald mehr, bald weniger Kohlenstoff, wovon doch die Gewinnung des einen oder des anderen abhängt.

Je nach der Reinheit der Erze, die ihnen zu Gebote standen, und nach der Übung der Arbeiter, die ihre Kenntnisse und

Handgriffe durch Generationen vererbten, fielen die Leistungen besser oder weniger gut aus. Daher erklärt sich der Ruhm, den z. B. Damascener und Toledaner Klingen in der Welt hatten, in der Art, daß man in jenen Gegenden speziell die Kunst der Stahlerzeugung, eine im Schmiedefeuer nur schwierig ausführbare

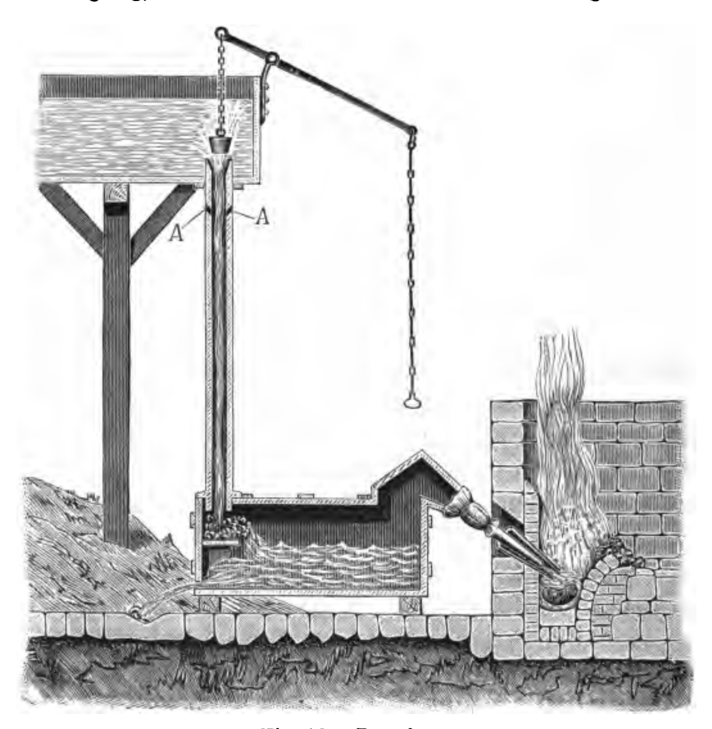


Fig. 19. Rennfeuer.
Auf dieser Abbildung eines alten mechanischen Wassergebläses wird die Gebläseluft mittels der Löcher *A* durch das in einem Rohr herabfallende Wasser angesogen, die Luft trennt sich im unteren Windkasten wieder vom Wasser, und tritt von hier aus unter starkem Druck in das Schmiedefeuer.

Arbeit, zu hoher Blüte gebracht hatte. Dieses uralte längst verlassene Verfahren der direkten Gewinnung von schmiedbarem Eisen aus den Erzen bezeichnet man als Rennarbeit. Es erklärt uns auch den Ruhm einzelner tüchtiger Schmiede in alten Zeiten, und sei in der Beziehung an Wieland den Schmied der deutschen Sage erinnert.

Im Rennfeuer lassen sich nur verhältnismäßig leicht reduzierbare Eisenerze verarbeiten. Bei der allmählichen Ausbreitung der Eisengewinnung über die verschiedenen der Kultur zugängig werdenden Länder hatte man aber nicht überall solche zur Verfügung, und so sah man sich zur Verstärkung der Hitze genötigt. Diese erreichte man dadurch, daß man das Schmiedefeuer mit Steinen umbaute, es in einen Schachtofen (siehe Figur 20)

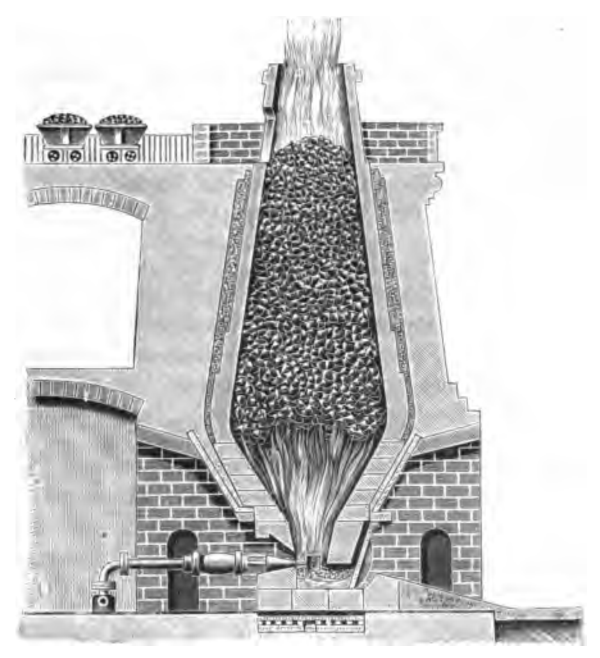


Fig. 20. Hochofen um das Jahr 1830.

verwandelte und so von den ehemaligen flachen Öfen zu hohen Öfen überging. Jetzt ging die Hitze des Feuers nicht gleich an die Umgebung verloren, sondern die glühend gewordenen Steine hielten sie zusammen. Nun stieg die Temperatur so hoch, daß das in solchem Ofen reduzierte Eisen über zwei Prozent Kohlenstoff aufnahm, und als Flüssigkeit, als Gußeisen aus dem Ofen lief.

Die Erfindung scheint in der Gegend des südlichen Elsaß in der Nähe des heutigen Mülhausen gemacht zu sein. Wenigstens

stammen die ältesten Stücke Gußeisen, die man kennt, aus der Zeit um 1490 und aus jener Gegend. Die Erfindung des Gußeisens fällt also etwa in die Zeit der Entdeckung Amerikas.

Die Weiterverbreitung seiner Herstellung erfolgte ziemlich langsam, erst 1547 begann seine Darstellung in England. In Preußen, dessen damalige territoriale Ausdehnung aber ja sehr von der heutigen abwich, wurde das erste Eisen 1667 erschmolzen.

Solche Schachtöfen (hohen Öfen) im ungeheuer vergrößerten Maßstabe unter Ausnutzung aller möglichen Hilfsmittel stellen nun unsere heutigen Eisenhochöfen (siehe Figur 20) dar.[1])

---

1) Anmerkung: Unsere Abbildung des Hochofens (Fig. 20) ist für die Gegenwart nur noch eine schematische. Sie gibt etwa die Verhältnisse um das Jahr 1830 wieder, dient uns hier ausschließlich zur Erleichterung des Verständnisses der Roheisengewinnung, ist also durchaus nicht die Wiedergabe eines solchen modernen Ungeheuers. Braucht ein solches doch z. B. sechs bis sieben Luftzuführungen, während wir nur eine auf der Zeichnung sehen. Auch ist der Ofen oben offen und brennend gezeichnet. Damit verhält es sich aber heute ebenfalls anders. Man erhitzt gegenwärtig die Luft, welche ein Gebläse in den Ofen treibt, vor ihrem Eintritt in den Ofen möglichst stark. Sie verbrennt natürlich die Kohle, auf die sie trifft, sogleich zu Kohlensäure. Die glühende Kohlensäure wirkt aber auf die höher liegenden heißen Kohlenschichten so ein, daß sie sich mit deren Kohlenstoff wieder zu Kohlenoxyd vereinigt,

1 Mol. Kohlensäure + 1 Mol. Kohlenstoff = 2 Mol. Kohlenoxyd

$$CO_2 + C = 2\,CO$$

und so entweicht aus dem Ofen, gemischt mit vielem Stickstoff, also dadurch verdünnt, Kohlenoxydgas, welches doch ein brennbares Gas ist. Statt dieses Gemisch, welches 24 bis 34 Prozent brennbares Gas zu enthalten pflegt, nun wie in alten Zeiten (so ist es auf der Zeichnung angegeben) nutzlos an der Luft verbrennen zu lassen, schließt man heutzutage den Hochofen mit einer Haube ab, und benutzt einen Teil des Gases zum Erhitzen der in den Ofen hineingetriebenen Luft, was der württembergische Bergrat Faber du Faur um das Jahr 1830 erfand. Einen anderen Teil verbrannte man unter Dampfkesseln. Doch verbrauchten diese zwei Verwendungsarten immer noch nicht den gesamten zur Verfügung stehenden Vorrat Im Jahre 1886 machte daraufhin Lürmann den Vorschlag, das Gas zum Betriebe von Gaskraftmaschinen zu benutzen, und ca. 12 Jahre später übertrug man diese Idee in die Praxis. Seit 1898 betreibt man

Hinsichtlich der Eisengewinnung darin haben wir folgendes hervorzuheben. Ist das Eisenerz im Ofen durch die Kohle zu Eisen reduziert, und sinkt das Metall immer weiter darin herab, bis es an eine so heiße Stelle kommt, daß es durch Aufnahme der genügenden Kohlenstoffmenge flüssig wird, so hat es hernach noch die Zone zu passieren, in welcher die Luft in den Ofen eingeblasen wird. An dieser Stelle würde es bei der hohen Temperatur einfach wieder zu Eisenoxyd verbrennen, wenn nicht besondere Vorsichtsmaßregeln dagegen getroffen wären. Diese Vorsichtsmaßregeln bilden die „Schlacken".

Schlacken sind eine Sorte von Glas, daher Doppelsilikate wie wir wissen (siehe Seite 214). Man bringt in den Hochofen deshalb nicht nur Kohle und Eisenoxyd, sondern auch Kalkstein und Ton (Ton ist ja kieselsaure Tonerde), und wenn nötig auch Sand. Diese Zusätze variieren nach den Bestandteilen, die den Erzen so wie so anhaften, und nach den Gegenden, indem man die gerade vorhandenen möglichst billigen geeigneten Stoffe wählt. In der Hitze des Ofens bildet sich aus den von uns genannten, welche die meiste Verwendung finden, kieselsaure Kalk-Tonerde, ein Doppelsilikat, also eine Art Glas.

Die Mischung der Schlackenbestandteile ist nun immer derartig gewählt, daß sie erst, nachdem das Eisen genügend Kohlenstoff aufgenommen hat, um Gußeisen zu sein, zu einem Glase zusammenschmilzt. Dieses Glas hüllt dann die einzelnen Tropfen des flüssigen Eisens ein, und schützt sie vor dem Einfluß der Gebläseluft. Auf diese Art passiert das Metall jene Zone, in welcher die glühende Luft vorhanden ist, ohne wieder zu verbrennen. Unterhalb derselben trennt sich das flüssige Eisen durch seine Schwere von dem leichteren Glase. Beide laufen flüssig aus dem Ofen. Das erstarrte Eisen führt hernach den Namen Roheisen, das erstarrte Glas also die Bezeichnung Schlacke. Die Verwertung der Schlacke zu Zement haben wir bereits Seite 225 kennen gelernt.

---

nämlich damit direkt tausendpferdige Gaskraftmaschinen, und diese Kraftquelle mag mit der so manchen Wasserfalls an Billigkeit konkurrieren können.

Erst durch die Erfindung des Gußeisens wurde die Eisendarstellung eine „Großindustrie“. Denn bis zu der Zeit hatte der Schmied in seinem Rennfeuer täglich zwei bis drei Eisenblöcke, die jeder etwa 80 Pfund wogen, fertig stellen können, worauf er den nächsten Tag in der Arbeit fortfuhr oder auch nicht. Ganz anders verhält es sich aber mit der Gußeisenherstellung. War ein Ofen für diesen Zweck erst einmal in Gang gesetzt, so mußte er Tag und Nacht durcharbeiten, sonst wurde und blieb er gar nicht heiß genug, um überhaupt Eisen auszuschmelzen. Er lieferte infolge des ununterbrochenen Betriebes wiederum große Mengen von Gußeisen, das dadurch ein billiger Verbrauchsartikel wurde.

Zum Betriebe eines solchen Hochofens sind eine größere Anzahl Arbeiter nötig, die Tag und Nacht abwechselnd zur Verfügung stehen müssen. Der ehemalige selbständige Schmied wird aus dem Handwerker ein Lohnarbeiter, und der Besitzer des Hochofens wird, der modernen Bezeichnung folgend, Großindustrieller. Seine Aufgabe ist nicht mehr das persönliche Mitarbeiten bei der Eisenherstellung, sondern die Sorge für den Absatz des massenhaft erzeugten Produkts, um den sich die das Eisen ausschmelzenden Arbeiter, deren Zeit und Kraft durch ihre Tätigkeit völlig in Anspruch genommen ist, nicht kümmern können. Er muß den Absatz so zu leiten suchen, daß er den für ihn körperlich Arbeitenden nicht nur ein hinreichendes Äquivalent in Form von Lohn zahlen kann, sondern auch für sich selbst einen genügenden Überschuß erzielt, der bei geschickter Leitung zu gewaltigen Reichtümern führen konnte und geführt hat.

Seit langem schon geht der Betrieb eines Hochofenwerkes meist über die Mittel eines einzelnen oder nach seinem Tode über die Mittel eines seiner Erben hinaus, und so werden solche großen Anlagen meist von einer größeren Anzahl von Kapitalisten als Aktiengesellschaften betrieben.

Roheisen enthält also mehr als 2,3 Prozent Kohlenstoff. Wenn es gelingt, einen Teil dieses Kohlenstoffs zu verbrennen, so muß es (siehe Seite 265) in Stahl oder in Schmiedeeisen über-

gehen. Und das gelingt wirklich. Wenn man das Roheisen im Schmiedefeuer unter reichlicher Luftzufuhr erhitzt, verliert es seine Eigenschaft sich zu verflüssigen, indem ein Teil seines Kohlenstoffs verbrennt, es wird teigig. Je nach der Kunst des Arbeiters entsteht hierbei Stahl oder Schmiedeeisen. Viel leichter entsteht allerdings letzteres, weil es sehr schwer ist, den Punkt zu treffen, bei dem noch genügend Kohlenstoff im Eisen vorhanden ist, damit es die Eigenschaft des Stahles hat. Zur Herstellung des Schmiedeeisens ist nur nötig, den Kohlenstoff möglichst vollständig zu verbrennen. So viel bleibt immer noch davon übrig, daß der erhaltene Block dessen Beschaffenheit zeigt. Diese Methode der Gewinnung von schmiedbarem Eisen aus Roheisen bezeichnet man als Frischen.

Nun ist es sehr viel bequemer und billiger, aus dem im Hochofen aus den Erzen erschmolzenen Roheisen auf dem eben beschriebenen Wege des Frischens Schmiedeeisen herzustellen, als es nach dem früheren Verfahren der Rennarbeit direkt aus den Erzen zu erzeugen. So verlor sich die Rennarbeit, also die uralte Methode der Schmiedeeisenerzeugung, die jahrtausendelang dem Menschen das nötige Eisen geliefert, und an der das ganze klassische Altertum nichts zu verbessern verstanden hatte, verhältnismäßig rasch. Das im Hochofen erschmolzene Roheisen wurde die „Grundlage aller Eisenindustrie“.

So stand die Sache bereits um 1620. Namentlich in England hatte die Herstellung des Roheisens schon damals große Dimensionen angenommen, indem dieses Land jener Zeit mehr als jedes andere dazu geeignet war.

Die Intelligenz seiner Bewohner betrieb mit Eifer die Ausnutzung der zahlreich vorhandenen Eisenerzgruben, und die vielen in das Land einschneidenden Flüsse ermöglichten die leichte Ausfuhr des fertigen Metalls nach allen Ländern. Da man zu jener Zeit noch keine eigentlichen Straßen, sondern nur Landwege, die bei jedem Regen grundlos wurden, kannte, war das für die Beförderung großer Mengen von Roheisen geradezu ausschlaggebend, bzw. machte es dessen lohnende Erzeugung in entfernt von Flüssen oder dem Meere gelegenen Gegenden unmöglich.

Als Brennmaterial diente in den Hochöfen die Holzkohle. Bei dem großen Bedarf daran verschwanden die englischen Wälder zusehends, so daß — ganz abgesehen von der Waldverwüstung, auf die man wohl in jener Zeit nicht viel gab — sich die Notwendigkeit, nach einem Ersatz zu suchen, gebieterisch geltend machte. Wollte man heute alles Roheisen mittels Holzkohlen darstellen, so würden in wenigen Jahrzehnten die Wälder aller Kulturstaaten aufgebraucht sein.

Als Ersatz bot sich in England die Steinkohle. Aber mit Steinkohlen kann man keinen Hochofen betreiben. Wenn wir darauf achten, wie Steinkohlen brennen, so sehen wir, daß sie vor dem Verbrennen halbwegs erweichen, indem in der Hitze teerige Substanzen daraus ausschmelzen. Im Hochofen würden diese halbflüssigen Massen die einzelnen Stücke miteinander verkleben, infolgedessen könnte die Gebläseluft nicht hindurch, und der Weiterbetrieb des Ofens wäre unmöglich, weil er nicht ordentlich im Feuer stehen könnte. So kam man denn auf die Idee, die Steinkohlen in Koks umzuwandeln. Das heißt, man brachte die Steinkohlen in einen geschlossenen Raum, ganz so wie man aus Holz Holzkohlen herzustellen gewohnt war, in dem sie also aus Mangel an Luft nicht verbrennen konnten, und erhitzte sie darin. Um das, was durch die Hitze aus ihnen ausgetrieben wurde, kümmerte man sich nicht, sondern nur um den Rückstand, das sind eben die Koks (siehe Seite 32). Aus ihnen ist auf diesem Wege alles leicht Flüchtige und leicht Schmelzbare entfernt. Sie stellen jetzt ein hartes, im Hochofen brauchbares, weil ohne Zusammenschmelzen verbrennendes Heizmaterial dar.

Um 1700 herum beginnt der Betrieb der mit Koks gefeuerten Hochöfen, und nun, wo jede beliebige Menge von Brennmaterial zu beschaffen möglich war, vergrößerte sich die Roheisenproduktion recht bedeutend, bis von 1800 etwa an jenes gewaltige Anwachsen beginnt, dessen Ende noch nicht abzusehen ist.

Die Härte der Koks erlaubt, die Öfen selbst bis 30 Meter hoch zu bauen, ohne daß sich ihr Inhalt in sich zerdrückt. Die Massen Rohmaterial, die ein solcher Ofen täglich verbraucht, wären auf die alte Weise gar nicht mehr heran und auch nicht

auf seine Höhe zu schaffen. Erst die Erfindung der Dampfmaschinen und Eisenbahnen ermöglicht dies.

Holzkohlenhochöfen wie sie z. B. in Steiermark betrieben wurden, lieferten um das Jahr 1800 3000—4000 Kilo Roheisen in 24 Stunden, aber ein Kokshochofen lieferte um das Jahr 1875 schon 100000 Kilo und gegenwärtig in der gleichen Zeit bis gegen 500000 Kilo davon. Den Schlußstein der Entwicklung moderner Hochöfen von solcher Leistungsfähigkeit bildet wohl der Eisenpanzerofen. Er ist nicht mehr aus Steinen, sondern fast ganz aus Gußeisen konstruiert, und innen nur noch mit einer 10 cm starken Lage von feuerfesten Steinen ausgekleidet. Sein Eisenpanzer muß allerdings ununterbrochen gekühlt werden, und verbraucht für jeden Quadratmeter Mantelfläche 6 Liter Kühlwasser in der Minute. Während man um 1800 für eine Tonne erzeugtes Roheisen 8 Tonnen Koks verbrauchte, waren es um 1850 nur noch 3 und 1900 genügte bereits 1 Tonne, was so ziemlich dem theoretisch überhaupt Erreichbaren entspricht. Von welcher Bedeutung das Eisen im wirtschaftlichen Leben der Völker ist, geht am besten daraus hervor, daß um 1900 der Geldwert des jährlich erzeugten Eisens, obwohl es das billigste aller Metalle, einundeinhalbmal so groß gewesen ist, als der aller anderen Metalle inklusive Gold und Silber zusammengenommen.

Während so allmählich die materielle Seite des Betriebes vervollkommnet wird, arbeitet die Chemie ununterbrochen an der Aufklärung der Vorgänge im Hochofen selbst; denn ganz so einfach liegen sie nicht, wie wir sie in unserer Übersicht schematisch dargestellt haben. Indem man zugleich sich immer mehr darüber klar wird, daß namentlich der Prozentgehalt an Kohlenstoff im Eisen seine verschiedenen Eigenschaften bedingt — ansehen kann man ihm das doch durchaus nicht — wachsen nun jene staunenswerten Fortschritte, die auf Grundlage dieser Erkenntnis möglich sind, ihrer allmählichen Reife entgegen, die unsere Generation aus der Periode der Eisenzeit in die der Stahlzeit bringen sollten.

Von einer Kunst des Eisenschmelzens in der alten Bedeutung kann man heute nicht mehr sprechen. Denn die Technik des Hochofenbetriebes ist jetzt Allgemeingut der Eisenhüttenleute geworden, und die Existenzfähigkeit eines Hochofens ist lediglich durch die wirtschaftlichen Verhältnisse bedingt. Daraus erklärt sich z. B. eine um das Jahr 1895 im größten Stile errichtete Hochofenanlage in der Nähe von Stettin, obgleich es in jener Gegend, also der norddeutschen Tiefebene, weder Eisenerz noch Kohle noch den für die Schlacke nötigen Kalkstein gibt. Alles dieses kann aber vorteilhaft genug nach diesem großen Hafenplatz über das Meer von England und Schweden herangeschafft werden, indem das aus den zollfrei eingehenden Rohmaterialien hergestellte Eisen sich bei uns in Deutschland eines Schutzzolles erfreut, um dessen Höhe es einen Vorsprung vor englischem und schwedischem Roheisen bei deren etwaiger Einfuhr nach Deutschland hat. Die Anlage bei Stettin hat glänzende pekuniäre Erfolge erzielt, und so hat man im Jahre 1906 eine ähnliche Hochofenanlage bei Lübeck, 1907 eine weitere bei Emden errichtet.

Der Mangel an Holzkohlen hatte, wie wir gesehen haben, zuerst in England den Übergang zu den Kokshochöfen erzwungen. Das erhaltene Roheisen wurde und wird, soweit es nicht zu Gußwaren dient, weiter auf Stahl und Schmiedeeisen verarbeitet. Die Verarbeitung auf letzteres geschah also im Schmiedefeuer bei starkem Luftzutritt, welches Verfahren, wie wir wissen, den Namen Frischprozeß führt. Dabei verbrennt allmählich sein Kohlenstoffgehalt von etwa 2,5 Prozent bis auf zirka $^1/_2$ Prozent, und dadurch ist das in Arbeit genommene Gußeisen in Schmiedeeisen verwandelt.

Für den Frischprozeß sind als Brennmaterial nur Holzkohlen verwendbar, denn die Asche der Steinkohlen bzw. Koks enthält Bestandteile, die, indem sie bei diesem Durcharbeiten des Roheisenblocks im Schmiedefeuer fortwährend mit dem Eisen in Berührung kommen, chemisch in so ungünstigem Sinne einwirken, daß das schließlich gewonnene Schmiedeeisen völlig unbrauchbar sein würde.

Während somit das im großindustriellen Betriebe erzeugte Roheisen längst in Massen und billig zu haben war, blieb Schmiedeeisen (für das man also heute ebensogut die Bezeichnung Schweißeisen verwenden kann), nach wie vor teuer, indem seine Herstellung erstens auf kleinindustriellem Wege erfolgen mußte, da ein Roheisenblock nach dem anderen im Schmiedefeuer wie in alten Zeiten zu bearbeiten blieb, und außerdem zu seiner Gewinnung die teuren Holzkohlen verwendet werden mußten.

Einen Umschwung in diese Verhältnisse brachte die Erfindung des Engländers CORT, dessen Patent vom Jahre 1784 datiert. Er kam auf die Idee, bei der Schmiedeeisengewinnung die Feuerung vom Roheisen getrennt zu halten, so daß die Asche des

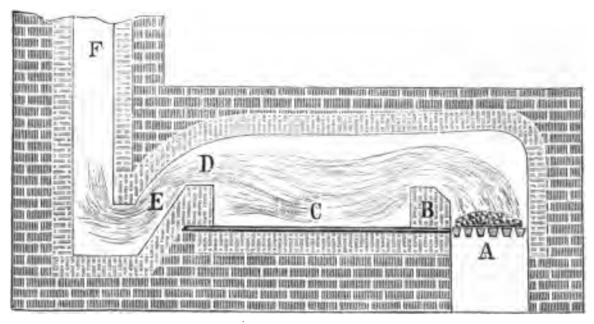


Fig. 21. Flammofen.

A Rost, auf welchem das Feuerungsmaterial brennt. *B* Feuerbrücke, welche das Brennmaterial vom Herd trennt. *C* Herd, auf welchem das Eisen erhitzt und gepuddelt wird. *D* trennt den Herd von *E*, dem sogenannten Fuchs, durch den die Verbrennungsprodukte des Heizmaterials nach *F*, dem Kamin, geleitet werden.

Brennmaterials nicht mehr mit dem Eisen in Berührung kommt, folglich einflußlos wird. Zu dem Zwecke verlegte er die Umwandlung des Roheisens in Schmiedeeisen in den Flammofen. Der Prozeß, den man den Puddelprozeß nennt, ist der bis heute übliche geblieben, wenn auch an vielen Orten die Feuerungsanlage der Öfen, worauf wir nachher kommen, eine andere geworden ist. Beim Flammofen wirkt also, wie aus Figur 21 ersichtlich ist, nur noch die Flamme der auf dem Roste brennenden Feuerung auf das Roheisen ein, das so im Gegensatz zur

Arbeit im Schmiedefeuer mit dessen Aschenbestandteilen gar nicht in Berührung kommt.

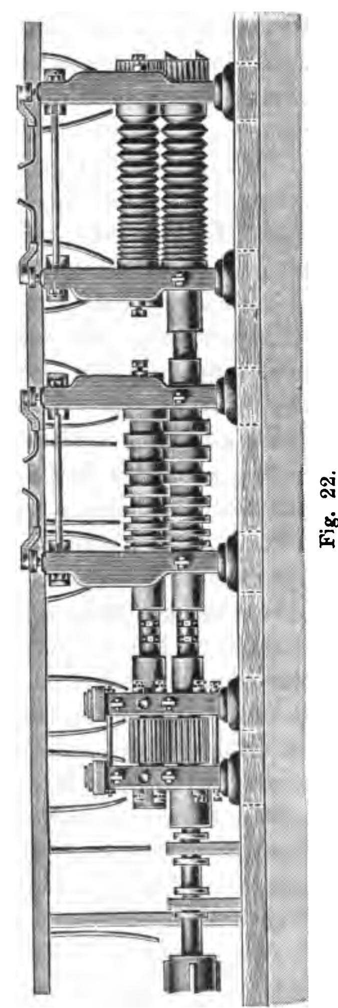
Indem man nun auf seinem Herde *C*, der vom Brennmaterial durch die Feuerbrücke *B* getrennt ist, gleich eine größere Anzahl Roheisenblöcke erhitzen kann, deren Kohlenstoffgehalt hier allmählich bis auf einen geringen Rest verbrennt, liefert dies Verfahren jetzt große Quantitäten von Schmiedeeisen. Da der Ofen, um in Hitze zu bleiben, ununterbrochen Tag und Nacht betrieben werden muß, ist damit auch die Schmiedeeisendarstellung Großindustrie geworden. Die gleiche Arbeiterzahl stellt beim Puddeln unter bedeutender Brennstoffersparnis etwa die zehnfache Menge von dem an Schmiedeeisen fertig, was sie nach dem ehemaligen Frischprozeß zu liefern vermochte.

Bis zu dieser Erfindung der Herstellung des Schmiedeeisens auf dem Wege des Puddelns hatte man die nach dem alten Verfahren einzeln im Schmiedefeuer fertig gestellten Blöcke entweder mit der Hand oder mit Hilfe eines mit einem Wasserrade betriebenen etwas größeren Hammers ausgehämmert. Daher finden wir an älteren Schmiedeeisenarbeiten niemals völlig glatte Oberflächen, indem die einzelnen Hammerschläge daran zu erkennen sind, selbst wenn sie z. B. aus Bandeisen bestehen, dessen Oberfläche doch heute so glatt wie poliert hergestellt wird.

Die Massen Schmiedeeisen, die der Puddelofen lieferte, waren nach diesem alten Verfahren des Hämmerns überhaupt nicht mehr zu bewältigen. Und so führte Cort auch das Walzen des Schmiedeeisens ein. Er gab also den Blöcken, wie sie die Öfen liefern, die gewünschte Form, indem er sie im glühenden Zustande zwischen Walzen (siehe Figur 22) durchquetschte.

Laufen beide Walzen dicht aufeinander, und sind nur aus der oberen und der unteren entsprechende Stücke ausgeschnitten, so kommt man zu dem erwähnten Band- oder zu Quadrateisen, die, wenn diese Ausschnitte gut gearbeitet sind, völlig glatt ausfallen müssen. Schneidet man in die obere Walze den Kopf, in die untere den unteren Teil einer modernen Eisenbahnschiene ein, so liefert das Walzwerk Schienen. Läßt man ein Eisenstück

zwischen zwei glatten Walzen, die in einer gewissen Entfernung voneinander stehen, durchpassieren, so nimmt es die Form eines Bleches usw. an. Das auf die Walzen rieselnde Wasser (siehe die Zeichnung) dient zu ihrer Kühlung.


Fig. 22.

Cort hat für sich, wie so viele großen Erfinder (S. 199), keinen materiellen Erfolg von seinen den Kulturfortschritt so mächtig fördernden Ideen und Arbeiten gehabt. Indem die zahlreichen zu ihrer Durchführung nötigen Versuche seine Mittel verschlangen, ist er schließlich im Elend gestorben.

Gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts hatte James Watt auch bereits seine Dampfmaschine erfunden. Ihre Arbeitsleistung war aber noch eine sehr beschränkte, weil Watt den für ihren Betrieb nötigen Dampf nur in gußeisernen Kesseln, die man damals noch nicht sehr groß herzustellen verstand, erzeugen konnte. Erst als der Walzprozeß gleichmäßige große schmiedeeiserne Bleche lieferte, änderte sich das.

Aus denselben, an deren Stelle heute bereits Stahlbleche getreten sind, kann man natürlich beliebig große Kessel zusammennieten, in diesen infolgedessen sehr viel Dampf entwickeln, und mit ihrer Hilfe nun die größten Maschinen in Bewegung setzen.

Zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts beginnt auch das

Bestreben, fahrende Dampfmaschinen an Stelle von Pferden zu verwenden. Wie erwähnt, lagen die englischen Bergwerke meist in der Nähe von Flüssen, und um ihre großen Lasten leicht an diese bringen zu können, waren seit langem mit Holz belegte Fahrbahnen im Gebrauch. Man hatte in den Boden Querschwellen gelegt, und diese durch lange Hölzer zu einem System vereinigt.

Um nun die Langhölzer selbst, zwischen denen die Pferde gingen, nicht immer wieder erneuern zu müssen, benagelte man sie mit Brettern, die, wenn sie durch das Fahren der darauf laufenden Räder zerstört waren, durch neue ersetzt wurden.

Im Jahre 1767 trat nun eine ganz außerordentliche Krisis im Eisengewerbe ein, die schließlich Roheisen geradezu unverkäuflich machte. Ein großes Werk, das bald einen bedeutenden Vorrat daran hatte, ließ nun einen Teil davon in längliche Platten gießen, um ihn, bis er wieder verkäuflich sein würde, nicht ganz nutzlos liegen zu lassen, und damit, an Stelle der Bretter, den hölzernen Straßenunterbau benageln; dieser war hierdurch in den ersten Schienenweg, wie wir solche Anlage heute nennen, verwandelt.

Der Versuch bewährte sich ausgezeichnet. Die Pferde zogen weit größere Lasten auf dieser glatten Unterlage als auf den ehemaligen Brettern. Die Abnutzung des Eisens war fast verschwindend. Nach Beendigung der Krisis blieb nicht nur dieser erste Schienenweg bestehen, sondern auch alle anderen Werke gingen allmählich zu dieser Einrichtung über.

Damit war im wahren Sinne des Wortes die Unterlage für Dampfwagen gegeben. Die erste auch für die Beförderung von Menschen wirklich brauchbare Lokomotive hat ja dann Stephenson gebaut.

Wenn man in der englischen Patentliteratur jener Zeit die Unsumme der mißglückten Vorschläge und sich daran knüpfenden Versuche verfolgt, die sich auf Dampfwagen beziehen, begreift man um so mehr die Hochachtung der Zeitgenossen vor diesem Erfinder, der auf einem so viel bearbeiteten und so schwierigen Gebiete endlich das Richtige traf.

Waren nach Erfindung des Puddelprozesses sowohl Gußeisen wie Schmiedeeisen leicht zugänglich geworden, so lagen die Verhältnisse beim Stahl, also hinsichtlich der in bezug auf ihre Brauchbarkeit wertvollsten Form des Eisens, noch immer sehr ungünstig.

Durch den Puddelprozeß Stahl aus Roheisen zu erzeugen, ist ebenso schwierig wie beim alten Frischprozeß, obgleich theoretisch dem auch hier nichts im Wege steht; denn man brauchte mit dem Puddeln ja nur aufzuhören, wenn das Eisen noch für Stahl genügend Kohlenstoff enthält, aber wie gesagt, das gelingt nur schwer.

Man hatte jedoch schon zu Anfang des achtzehnten Jahrhunderts, also lange vor dem Puddelprozeß, in Nordfrankreich eine neue Stahlbereitung erfunden, deren Produkt den Namen Zementstahl führt. Die erste wirklich wissenschaftliche Arbeit darüber liegt von Réaumur vor, der damals lebte, aber nur infolge seiner Thermometerskala so allgemein bekannt geblieben ist.

Wenn es gelingt ins Schmiedeeisen so viel Kohlenstoff hineinzubringen, daß der Gehalt daran von $^1/_2$ auf etwa $1^1/_2$ Prozent steigt, muß Schmiedeeisen in Stahl übergehen, wie wir im Anschlusse an unsere zu Anfang gegebene Übersicht voraussagen können, und auf diesem Prinzipe beruht die Zementstahlbereitung.

Für dieselbe packt man heutzutage schmiedeeiserne Stäbe zwischen Holzkohlenpulver in Kasten aus feuerfestem Ton, welche etwa 8000 Kilo davon fassen, setzt mit diesen in passender Weise einen Flammenofen aus, und erhitzt sie 6—8 Tage lang auf etwa 1000°. Dabei tritt ein allmähliches Wandern des Kohlenstoffs ins Eisen ein, das dadurch in Stahl übergeht.

Sehr gleichmäßig kann der Stahl aber nicht sein; denn die äußeren Teile der Stäbe werden kohlenstoffreicher als die inneren werden. Dem suchte man dadurch abzuhelfen, daß man die Stäbe hernach tüchtig unter dem Hammer durcharbeitete. Seit 1811 wird Zementstahl auch in Deutschland erzeugt.

Einen wirklich gleichmäßigen Stahl, der bis auf den heutigen Tag nicht mehr übertroffen worden ist, erfand dann der englische

Uhrmacher HUNTSMANN im Jahre 1730. Mit der Anfertigung von stählernen Uhrfedern beschäftigt, zerbrachen ihm, wie jedem anderen, ein großer Teil derselben während der Fabrikation infolge der ungleichmäßigen Beschaffenheit des Zementstahls, aus dem er sie herstellen wollte. Mit Versuchen zu dessen Verbesserung beschäftigt, fand er schließlich, daß sich kleine Quantitäten Zementstahl im schärfsten Ofenfeuer in Tiegeln umschmelzen lassen.

Verständlich für uns ist das ja: Eisen mit 2,3 Prozent Kohlenstoff schmilzt verhältnismäßig leicht. Warum soll es da nicht gelingen, auch kohlenstoffärmeres Eisen, wenn nur die Hitze genügend hoch ist, einzuschmelzen?

Der von HUNTSMANN erfundene Gußstahl ist als geschmolzen gewesene Masse von ganz gleichmäßiger Beschaffenheit, und ein Material, das in vielen Beziehungen durch kein anderes vertreten werden kann. Das Verfahren HUNTSMANNs blieb Geheimnis einiger englischen Fabriken, die für ihren Stahl geradezu Phantasiepreise forderten. Bezahlt wurden sie, da ein ebenso geeignetes Material für manche Zwecke sonst in der Welt nicht existierte. Natürlich gab man sich mit der Lüftung des Geheimnisses dieser englischen Stahlbereitung vielerwärts Mühe. Mit zähester Konsequenz arbeitete in dieser Hinsicht der Begründer der KRUPPschen Eisenwerke. Wenn er auch die volle Lösung des Problems nicht mehr erlebte, sein Sohn produzierte schon tadellosen Gußstahl, der schließlich die jetzige Aktiengesellschaft zum größten Eisenwerk der Erde machen sollte.

Gußstahl dieser Art, den man als Tiegelgußstahl bezeichnet, läßt an sich nichts zu wünschen übrig, aber teuer mußte er durch die große Zahl der zu seiner Herstellung nötigen Prozesse bleiben, denn zu seiner Darstellung muß doch das Roheisen erst im Puddelofen möglichst entkohlt werden, um in Schmiedeeisen verwandelt zu sein. Dieses ist dann eingepackt in Kohlepulver in vieltägiger Glut rückzukohlen, um in Zementstahl überzugehen, worauf der so erhaltene Zementstahl noch im schärfsten Feuer in Tiegeln umzuschmelzen ist.

Billigen Stahl, welcher dem Tiegelgußstahl ziemlich nahe

kommt, aber nur rund ein Zehntel seiner Herstellungskosten erfordert, verschaffte der Welt erst BESSEMER seit dem Jahre 1856. Sein Verfahren führt das flüssige Roheisen „ohne Brennmaterialverbrauch" in Gußstahl über. Während ein Puddelofen etwa 3000 kg Roheisen in 24 Stunden unter Aufwand von viel Kohlen in Schmiedeeisen verwandelt, leistet der BESSEMER-Prozeß dessen Überführung in schmiedbares Eisen und zwar speziell in Stahl in 15 Minuten. Zu diesem Zwecke bringt BESSEMER das geschmolzene Roheisen in ein birnförmiges Gefäß, dessen Boden mit einer Reihe von Düsen versehen ist. Das Gefäß selbst wird aus Blechplatten zusammengenietet. Damit diese der hohen Temperatur, die das Verfahren mit sich bringt zu widerstehen vermögen, wurde es gänzlich mit einem möglichst feuerfesten Stein, der fast aus reiner Kieselsäure bestand, ausgefüttert.

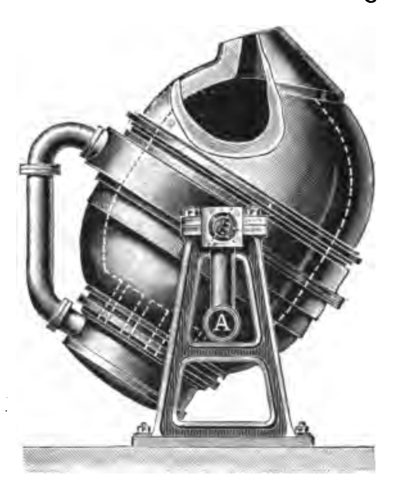


Fig. 23. Bessemerbirne (aufgebrochen gezeichnet).
A Luftzuführung.

In die auf die Seite geneigte Birne läßt man sodann das zur Stahlbereitung bestimmte geschmolzene Roheisen laufen. Während sie aufgerichtet wird, preßt man bereits durch die Düsen im Boden der Birne mittels eines Gebläses Luft ein. Sogleich beginnt der durch den Gehalt des Roheisens an Kohlenstoff in die Birne gelangte Kohlenstoff, welcher also schon auf die Temperatur des geschmolzenen Roheisens erhitzt ist, in der furchtbaren Glut zu verbrennen.[1])

1) Und auch das Silicium, ein dem Kohlenstoff sehr ähnliches Element, verbrennt unter sehr großer Hitzeentwicklung. Es kommt im Hochofen in das Eisen, indem bei dessen hoher Temperatur auch ein wenig Kieselsäure, welche aus Silicium und Sauerstoff besteht, zu Silicium reduziert wird, das sich im Eisen auflöst.

Die hierdurch erzeugte Hitze, die zwischen 1800° und 2000° beträgt, genügt um das Bad für die Zeit, die der Prozeß erfordert, geschmolzen zu erhalten. Daher findet ein besonderer Brennmaterialverbrauch bei dieser Verwandlung von Roheisen in Stahl nicht statt. Nach etwa zehn Minuten ist der Kohlenstoff bereits völlig verbrannt. Der Inhalt der Birne wäre eine wertlose Eisensorte, wenn man jetzt nicht wieder ein Quantum Roheisen zugeben würde, welches so berechnet ist, daß sein Gehalt an Kohlenstoff genügt, damit das dadurch in der Birne entstehende Gemisch von ihm und dem völlig entkohlten Eisen, die dem Stahl entsprechende Menge Kohlenstoff enthält.

Das nachträglich zur Rückkohlung zugegebene Eisen wählt man absichtlich reich an Mangan, ein dem Eisen ähnliches Element, welches den Prozeß aus Gründen, auf die wir hier nicht eingehen können, sehr günstig beeinflußt. Weil ein Roheisen, das manganhaltig ist, wenn es zerbrochen wird, auf der Bruchfläche stark spiegelt, heißt es speziell Spiegeleisen, welchem Namen man öfters begegnet.

Es gibt übrigens heutzutage Hüttenwerke, die reines Manganmetall fabrizieren, das ebenfalls seine Verwendung im Bessemerprozeß findet, indem es an und für sich sonst bisher industriell nicht verwertbar ist.

Das Bessemerverfahren gestattet nun seit dem Jahre 1856 auch eine Massenfabrikation von billigem Stahl, indem der Einsatz einer Birne zwischen 10000 und 16000 Kilo Roheisen beträgt, das also in einer Viertelstunde in Stahl verwandelt ist. Läßt man das geschmolzene Eisen direkt aus dem Hochofen in die Birne laufen, verwandelt es hier in Stahl, und walzt den glühend flüssig aus der Birne erhaltenen Stahl, sobald er genügend abgekühlt ist, zu Schienen aus, wie es auf vielen Werken geschieht, „so erfordert sogar die Verwandlung des Roheisens in die fertige Stahlschiene keinen Brennmaterialaufwand mehr,“ sondern die dem Hochofen entstammende Hitze genügt für ihre Herstellung.

Im Anschluß an den Bessemerprozeß haben wir nun die Entphosphorung des Eisens zu besprechen, welche den Stahl noch weiter verbilligen sollte.

In der Natur finden sich in größter Menge Eisenerze, die etwas Phosphor enthalten. Das daraus erschmolzene, infolgedessen phosphorhaltige Roheisen erweist sich, wenn der Phosphorgehalt nicht fast verschwindend klein ist, als von ganz schlechter Qualität, so daß höchstens die gröbsten Gußwaren, von denen eine eigentliche Haltbarkeit nicht verlangt wird, wie Grabgitter und ähnliches daraus hergestellt werden können. Dagegen ist an eine Weiterverarbeitung auf Stahl oder Schmiedeeisen gar nicht zu denken, weil diese infolge großer Brüchigkeit geradezu unbrauchbar sein würden.

Daß der Phosphor Ursache dieses Verhaltens ist, erkannte man aus den chemischen Analysen solchen Roheisens zwischen 1830 und 1840. Man erkannte schon damals, daß es kein Mittel gibt im Hochofenprozeß den mit den Erzen hineinkommenden Phosphor vom Eisen fernzuhalten, wie das auch bis heute der Fall ist. So unendlich viel dann über die Entphosphorung gearbeitet worden ist, ein erwähnenswerter Erfolg wurde nie erzielt, bis Thomas und Gilchrist die Frage endgültig und in genialster Weise lösten.

Zahlreiche Versuche hatten speziell gezeigt, daß z. B. durch den Bessemerstahlprozeß, wie ihn der Erfinder angegeben hat, sich nicht eine Spur Phosphor aus dem Eisen herausbringen läßt. Aller Phosphor, den das verwendete Roheisen enthält, kommt daher bei ihm ohne die geringste Verminderung in die Stahlblöcke, bzw. in die aus diesen dargestellten Eisenbahnschienen, Achsen, Bandagen usw. Für Schienen konnte man noch einen Phosphorgehalt von 0,1 bis höchstens 0,2 Prozent dulden, für alle sonstigen Verwendungen von Stahl ist aber schon der zehnte Teil dieser Menge ganz unzulässig.

Für den alten Bessemerprozeß, der also auf phosphorfreie Erze angewiesen ist, findet sich nun das Rohmaterial, soweit es europäische Interessen berührt, nur in den völlig phosphorfreien Roteisensteinen von Cumberland und Westmoreland an der Westküste Nordenglands, sowie in Spanien, Algier, Schweden, Steiermark und im Siegener Land.

Daher machte es in den betreffenden Kreisen ungeheures

Aufsehen, als es im Jahre 1879 auf dem größten in Cleveland, also an der englischen Ostküste (an welcher es phorphorfreie Eisenerze nicht gibt), gelegenen Eisenwerk von Bolckow, Vaughan & Co. gelang, phosphorhaltiges Roheisen in der Bessemerbirne in phosphorfreien Stahl zu verwandeln.

Bis zur Erfindung des Bessemerprozesses hatte man für die Eisenbahnen nur schmiedeeiserne Schienen, die also phosphorfreie Erze voraussetzen, verwenden können, weil stählerne einfach nicht zu beschaffen waren. Das änderte sich aber hernach völlig. Die nach Bessemers Verfahren so billig und in den größten Mengen herstellbaren Stahlschienen haben seit langem die ehemaligen Eisenschienen verdrängt, weil ihre Haltbarkeit eine sehr viel größere ist.

So entwickelte sich denn in Cumberland, also an der Westküste Englands, gestützt auf die heimischen phosphorfreien Erze, eine gewaltige Stahlschienenindustrie aus Bessemerstahl, während man sie in Cleveland, weil die dortigen Erze wegen ihres Phosphorgehaltes sich für diese Art der Stahlgewinnung nicht eignen, nicht betreiben konnte. Die Herstellung von schmiedeeisernen Schienen, die aus den Cleveländer Erzen, deren Phosphorgehalt also ein recht geringer ist, möglich ist und ehemals erfolgte, mußte aufgegeben werden, weil ihre Verwendung allmählich aufhörte, indem die Eisenbahnen sich immer mehr den Stahlschienen zuwandten.

So entschloß sich die erwähnte an der Ostküste Englands gelegene Fabrik denn, um auch ihrerseits weiter Schienen produzieren, und die einmal vorhandenen großen Einrichtungen ausnutzen zu können, sich spanische vollkommen phosphorfreie Erze kommen zu lassen. Daraus stellte sie jetzt das Roheisen für Bessemerstahl dar, und hatte mit diesem Unternehmen den größten Erfolg.

Das veranlaßte sie aber nicht, mit dem Erreichten zufrieden zu sein. Sondern auch nach dieser Zeit wurde unentwegt weiter an der Lösung der Aufgabe gearbeitet, die reichlich vorhandenen, fast vor der Türe liegenden heimischen Erze für den Bessemer-

prozeß verwendbar zu machen. Und das gelang auf diesem Werke den schon genannten Technikern schließlich in folgender Art:

Wir hoben hervor, daß BESSEMER seine Birnen, um ihnen die nötige Haltbarkeit in der Hitze zu geben, mit einem möglichst feuerfesten Material ausfütterte, das sehr kieselsäurereich, also im chemischen Sinne sauer ist. THOMAS und GILCHRIST fütterten nun im Gegensatz dazu die Birne mit basischen, und zwar stark kalkhaltigen Ziegeln aus. Außerdem gaben sie mit dem Roheisen zugleich reichlich Kalk, also basisches Material in die Birne.

Bei der hohen in der Birne herrschenden Temperatur verbrennt der Kohlenstoff des Roheisens, wie wir sahen, und ebenso natürlich auch der Phosphor, und zwar dieser zu Phosphorsäure. Während diese Säure nun früher aus dem Bade nicht herauskonnte, vermag sie sich jetzt mit dem zugegebenen Kalk und mit dem basischen Futter zu verbinden, indem sie damit phosphorsauren Kalk bildet, und in die Schlacke geht.

So erwies sich denn die Frage der Entphosphorung des Eisens in der Bessemerbirne als gelöst. Das phosphorhaltige Roheisen gibt phosphorfreien Stahl, indem sein Phosphorgehalt als Phosphorsäure von dem basischen Futter festgehalten wird.

Die den phosphorsauren Kalk enthaltenden Schlacken bilden im gemahlenen Zustande das sogenannte Thomasphosphatmehl (siehe Seite 50), mit dem die Landwirte ihre Wiesen düngen. So wird der ehemals so störende Phosphor jetzt in dieser Form gar noch verkäuflich und trägt seinerseits zu der so außerordentlichen Verbilligung des Stahles bei. Ja die Fabrikanten nehmen jetzt als Zusatz beim basischen Prozeß nicht reinen Kalk, sondern phosphorsäurehaltigen Kalkstein, wie er namentlich aus Algier in passender Qualität zu beziehen ist, und vermehren so noch den Gehalt der Schlacken an Phosphorsäure, die ihnen gut bezahlt wird. Dazu kommt, daß an und für sich phosphorhaltige Eisenerze billiger als phosphorfreie sind, weil sie an vielen Orten der Erde besonders leicht zu gewinnen sind. Nimmt man doch an, daß 90 Prozent von sämtlichen Eisenerzlagern ihres hohen Phosphorgehaltes wegen für den alten sauren Bessemerstahlprozeß nicht

tauglich sind. Dazu kommt ferner, daß das Thomasverfahren gestattet, sehr kohlenstoffarme schmiedbare Eisensorten herzustellen, welche mehr an Schmiedeeisen als an Stahl erinnern, die man also besser als Flußeisen wie als Flußstahl bezeichnen wird, so daß das Thomasieren zugleich ein Konkurrenzverfahren für den teurer arbeitenden Puddelprozeß, den eigentlichen Schmiedeeisenlieferanten, geworden ist!

Man glaube nun nicht, daß das Verfahren den glücklichen Entdeckern, wie es nach dem Mitgeteilten scheinen kann, in den Schoß gefallen ist. Ganz im Gegenteil, es war die Frucht jahrelanger Arbeiten und jahrzehntelanger Bestrebungen, Erforderte doch allein die Herstellung der zur Ausfütterung der Birne notwendigen genügend feuerfesten basischen Ziegel viele Jahre Arbeit und großen Geldaufwand, ohne daß man wissen konnte, ob die Anschauung, der zu Liebe sie sich mit der Beschaffung dieses Materials abmühten, sich auch im großen als ausführbar erweisen würde.

Weil eben die meisten epochemachenden Erfindungen Produkte allgemeiner langjähriger Bestrebungen und in der Regel nicht die Gedankenblitze einzelner sind, pflegen gewöhnlich nach ihrem Bekanntwerden Prioritätsstreitigkeiten darüber auszubrechen. So ist die Idee basisches Futter in der Bessemerbirne zur Entphosphorung zu verwenden, schon in den sechziger Jahren aufgetaucht und 1875 und nochmals 1878 ausführlich in der einschlägigen Literatur verschiedener Länder hin und her erwogen worden. Dabei schien es sich um unausführbare Projekte zu handeln, während also schon 1879 die Frage in England auf diesem Wege gelöst wurde.

Wir kommen jetzt zur Verwandlung von Gußeisen in schmiedbares Eisen auf dem uralt bekannten Wege des Temperns. Viele Gegenstände, z. B. jene zahlreichen kleinen Winkel und T-Stücke, welche Gasleitungen in den Wohnräumen erfordern, ferner Schlüssel oder Fenster- und Türbeschläge usw. aus Schmiedeeisen herzustellen, ist eine schwierige und darum teure Arbeit. Man bedient sich deshalb zur Herstellung dieser nicht übermäßig dicken

Gegenstände des Temperns, das in folgendem besteht. Man stellt diese kompliziert geformten Sachen auf dem bequemen Wege des Gießens her, und packt sodann die gußeisernen Stücke zwischen Eisenoxyd, als welches natürliches Eisenerz dient, in feuerfeste Kasten, in welchen man sie je nach ihrer Stärke 10 bis 20 Tage erhitzt. Während dieser Zeit wirkt der Sauerstoffgehalt des Oxyds auf den Kohlenstoffgehalt der gußeisernen Formstücke ein. Indem er diesen verbrennt, werden die Gußstücke so arm an Kohlenstoff, daß sie bei der Wiederherausnahme aus den Kästen die Eigenschaft des schmiedbaren Eisens zeigen, jetzt wie dieses bearbeitet werden können. Die lange Dauer des Verfahrens hat ihm allmählich im Stahlfassonguß, wobei die Gegenstände also direkt aus Stahl gegossen werden, einen Konkurrenten erstehen lassen, der ihm wohl mit der Zeit den Lebensfaden abschneiden wird.

Außerdem läßt sich noch eine ganz andere Methode der Stahlbereitung denken. Gußeißen hat über 2,3 Prozent Kohlenstoff, Schmiedeeisen etwa $^1/_2$ Prozent. Wenn man diese beiden zusammenschmilzt, muß man bei passend gewähltem Mischungsverhältnis doch ein Mittelprodukt (siehe Seite 265) erzielen können, welches je nach dem Kohlenstoffgehalt, den es schließlich enthält, als Flußstahl oder Flußeisen zu bezeichnen sein wird.

Die Schwierigkeit in der Übertragung dieser Idee auf die Fabrikpraxis bestand darin, daß man lange Zeit keinen Flammofen herzustellen wußte, dessen Temperatur genügte, damit sich dabei das in jedem Ofenfeuer für sich allein unschmelzbare Schmiedeeisen im geschmolzenen Gußeisen auflöste, um damit zu Stahl zusammenzutreten.

Zuerst hat solchen sogenannten Flußstahl der Franzose Martin erschmolzen. Öfen, in denen er mit Leichtigkeit herstellbar ist, hat aber erst Siemens im Jahre 1885 angegeben.

Wir erwähnten beim Puddeln, daß dieser Prozeß seit Corts Erfindung ziemlich unverändert geblieben ist und nur noch hinsichtlich der Feuerung der Öfen Abänderungen eingetreten sind.

Cort konnte für seine Flammöfen, in denen das vom Rost aus hineinschlagende Feuer die nötige Hitze geben soll, nur jene sehr gute und deshalb teure Sorte von Steinkohlen, die mit langer Flamme brennt, brauchen. Jetzt feuert man dagegen mit Gas, welches man an Ort und Stelle in sogenannten Generatoren erzeugt.

Für die Zwecke einer Gasfeuerung schüttet man Brennmaterial, das durchaus nicht gut zu sein braucht, sehr hoch auf einem Roste auf. Infolge der hohen Lage bekommt der Kohlenstoff durch die Roststäbe hindurch lange nicht genügend Luft zur vollständigen Verbrennung. So entweicht aus diesem „Generator“ nicht Kohlensäure, sondern das brennbare Kohlenoxydgas (siehe Seite 272) nebst anderen brennbaren Gasen, die sich in der Hitze aus dem Heizmaterial entwickeln, und aus Luftmangel ebenfalls nicht gleich verbrennen können, wie wir das in der Anmerkung auf jener Seite genauer erklärt haben. Aber mit diesen brennbaren Gasen geht der ganze Stickstoff mit, der mit der Luft durch die Roste in den Ofen tritt.

Dieser Stickstoffgehalt bildet den großen Unterschied zwischen solchem Generatorgas und dem Leuchtgas, welches letztere durch Erhitzen von Kohle, die sich in der Retorte befindet, also unter Ausschluß der Luft erhalten wird (siehe Seite 32), daher frei von Stickstoff ist, und nur aus brennbaren Gasen besteht.

Die aus dem Generator kommenden heißen Gase werden sofort im Flammofen durch zugeführte Luft verbrannt.

Die bedeutendste Vervollkommnung wiederum der Gasfeuerung bestand in den von Siemens erfundenen Regeneratoren. Hatte das Gas im Ofen seine Arbeit getan, so entwich es ehemals als glühendes verbranntes Gemisch in den Kamin. Mittels dieser Vorrichtung wird aber seine Hitze jetzt festgehalten, zurückgewonnen, regeneriert.

Man leitet hierzu das verbrannte Gas, das also seinen eigentlichen Zweck erfüllt zu haben scheint, durch Kammern, die gitterartig mit feuerfesten Steinen ausgesetzt sind, und erst, nachdem es an die Steine seine Hitze möglichst abgegeben, sie also in hohe Glut

versetzt hat, gelangt es in den Kamin. Diese glühenden Kammern sind die Regeneratoren, welches Wort man mit Wärmespeicher verdeutschen kann. Wenn wir soeben den seltsamen Ausdruck anwandten, daß das verbrannte Gas nicht seinen Zweck endgültig erfüllt hat, sondern nur erfüllt zu haben scheint, so lernen wir den Grund hierfür wenige Zeilen weiterhin kennen.

Nachdem das zur Verbrennung bestimmte Gas den Generator, also den Ort seiner Herstellung verlassen hat, passiert es eine der erwähnten glühenden Kammern, wird hierdurch natürlich in sich sehr viel heißer, und gelangt nun erst in den Flammofen, in welchem es auf die zur Verbrennung nötige Luft trifft. Aber auch diese Luft ist vorher mit Hilfe von Rohrleitungen durch einen glühenden Regenerator geführt worden, und bringt ihrerseits ebenfalls dessen Wärme in den Ofen zurück.

Da man mit Hilfe von Schiebern die Regeneratorkammern ein- und auszuschalten vermag, kann man sie abwechselnd erhitzen, so daß ununterbrochen glühende Kammern zum Vorwärmen des Gases und der Luft vorhanden sind, und solche, die soeben ihre Wärme hergegeben haben, neuerdings erhitzt werden können. Die Brennmaterialersparnis gegen die alte Methode der direkten Feuerung beträgt etwa 40 bis 50 Prozent.

Mit dieser Einrichtung der Generatoren und Regeneratoren glaubte man allgemein an der Grenze der Ausnutzungsmöglichkeit des Feuerungsmaterials angekommen zu sein. Aber am Abende seines Lebens, um das Jahr 1895 herum, gelang es Friedrich Siemens sich, man möchte sagen, nochmals selbst zu übertreffen. Im beschriebenen System entweicht alles verbrannte Gas aus dem Kamin, geht also aller Kohlenstoff endgültig als Kohlensäure in die Luft. Und was tut Siemens jetzt. Er läßt von dem völlig verbrannten Gas eine so große Menge, als das System verträgt, nochmals mit der frischen Luft, die die Verbrennung im Generator ermöglicht, zusammen durch den Generator strömen. Hier trifft die glühende Kohlensäure der Schornsteingase mit frisch brennenden Kohlen zusammen. Beide zusammen geben wieder brennbares Kohlenoxydgas, das hernach im Ofen wieder zur Erzeugung der hohen Temperatur dient. Also aus

dem Kamin hat er noch einen Teil der Kohlensäure zurückzuholen verstanden, um ihren Kohlenstoff nochmals in Kohlenoxydgas zu verwandeln und so nochmals zu verbrennen. Damit ist aber wohl die Grenze des Möglichen endgültig erreicht, und das Gehirn keines der nach SIEMENS lebenden Menschen wird imstande sein, mittels Generatoren und Regeneratoren eine bessere Ausnutzung von Brennmaterial zu erzielen.

Jedoch auch in mit Generatoren und Regeneratoren ausgestatteten Flammöfen gelingt es kaum Flußstahl oder Flußeisen, so nennt man also nach der schließlichen Beschaffenheit die erhaltene Sorte, herzustellen. Dies ermöglichte erst die Freiflammführung von SIEMENS. Aus theoretischen Gründen über die Natur der Flamme kam er zur Anschauung, daß eine Flamme, welche ihre volle Hitze entwickeln soll, nicht an Wände schlagen dürfe, sondern nach Art einer riesigen Zunge in den Flammöfen brennen müsse.

Man hatte bis dahin, d. h. bis zum Jahre 1885, die Größe der Flammöfen stets so bemessen, daß die Flamme sie möglichst erfüllte. Jetzt baute er sie entsprechend größer, und der Erfolg ist ein geradezu überraschender. Die Temperatur in den Öfen wird eine so hohe, daß selbst die besten feuerfesten Steine sie kaum ertragen. Darin lassen sich nun auch mit verhältnismäßiger Leichtigkeit der Flußstahl und das Flußeisen herstellen. Auch bei dem Siemens-Martinprozeß hatte man ursprünglich mit saurem Ofenfutter gearbeitet. Hernach ist man aber auch hier zu basischem Futter übergegangen, und verarbeitet phosphorhaltiges Rohmaterial, das im Prozeß zugleich entphosphort wird. Seit dem Jahre 1898 baute man auch diese Flammöfen der Art, daß ihr Inhalt nach seiner Fertigstellung durch Umkippen entleert werden konnte und sparte so die Unbequemlichkeit und den Zeitverlust beim Auslaufen des fertigen Materials aus dem verhältnismäßig engen Abstichloch, und seit 1899 hat man die Öfen so eingerichtet, daß auch dieser Prozeß ein kontinuierlicher, also ununterbrochen fortgehender geworden ist. Das auf dem Wege des basischen Siemens-Martinprozesses gewonnene Flußeisen ist

nun von so vorzüglicher Beschaffenheit, namentlich so ausgezeichnet schweißbar, daß durch dasselbe dem auf dem Wege des Puddelns gewonnenen eigentlichen Schmiedeeisen im alten Sinne eine noch weit gefährlichere Konkurrenz als durch den Thomasprozeß (siehe Seite 290) erwachsen ist. Zumal nun bei der Herstellung dieses Flußeisens altes Gußeisen und altes Schmiedeeisen mitverwendet werden können, bzw. so viel davon zu haben ist, im Flammofen mit eingeschmolzen werden kann, ist diese in ihrer Beschaffenheit so vorzügliche Eisensorte ganz besonders billig herstellbar. Wie weit das sich teurer stellende Puddeln durch diese beiden neuen Errungenschaften verdrängt werden wird, kann nur die Zeit entscheiden.

Damit haben wir denn die Entwickelung der Eisenindustrie bis in unsere Tage kennen gelernt.

Die Gewinnung anderer Metalle wie die des Kupfers, Bleis, Nickels usw. kommt schließlich immer ebenfalls darauf hinaus, wie schon Seite 264 erwähnt wurde, daß die in der Natur vorkommenden Erze in Metalloxyde verwandelt und diese durch Kohle reduziert werden. Eine gewisse Ausnahme machen nur das Zink und das neuerdings erst massenhaft fabrizierte Aluminium, die wir beide deshalb hier besprechen wollen.

Den Schmuck vieler älteren Gebäude, wie Kirchen und Schlösser, bilden ihre schön patinierten Kupferdächer. Wenn wir heute Metallplatten zu Bedachungen verwenden, und das geschieht viel mehr als früher, nehmen wir aber nicht mehr Kupferplatten, sondern fast immer Zinkbleche, die allerdings schließlich unansehnlich grau werden, und zwar tun wir es wegen der sehr viel größeren Billigkeit der letzteren. Man hat sie früher hierfür deshalb nicht brauchen können, weil man sie überhaupt erst seit kaum hundert Jahren herzustellen versteht.

Der Grund dafür, daß man das metallische Zink und damit die Zinkbleche so spät kennen lernte, ist folgender. Erhitzt man Zinkoxyd mit Kohle, so tritt wohl Reduktion des Oxyds zu Metall ein, und bilden sich Zink und Kohlenoxyd, aber die Temperatur, bei der diese Umsetzung eintritt, liegt so hoch, daß das Zink,

infolge seiner verhältnismäßigen Leichtflüchtigkeit dabei bereits gasförmig ist. Erhitzt man also Zinkoxyd mit Kohle in einem der sonst für die Metallreduktion üblichen Öfen; so wird sehr bald Zink dampfförmig in die Luft entweichen, in der Hitze verbrennt es aber an der Luft gleich wieder zu Zinkoxyd, kurzum, man erhält auf diese Art gar kein Metall.

So kam denn erst um das Jahr 1750 seine Gewinnung in Europa in Gang — die Chinesen scheinen sie früher gekannt zu haben — als man Zinkoxyd mit Kohle nicht mehr offen im Ofen, sondern in einer Retorte, also in einem geschlossenen Raume durch Außenfeuerung erhitzte. Darin kann der entstehende Zinkdampf dann ja nicht verbrennen, und so gewinnt man das Zink als ein aus der Retorte herausdestillierendes Metall. Es dauerte aber noch bis zum Jahre 1805, daß man aus diesem an sich recht spröden Zink jene großen Bleche herzustellen lernte, die heute so massenhafte Verwendung finden, und die hauptsächlich die Zinkindustrie zu einer so ausgedehnten gemacht haben.

Das jüngste unter allen im täglichen Leben Verwendung findenden Metallen, das Aluminium, zu dem wir jetzt übergehen, verhält sich nun ganz abweichend von den bisher besprochenen. Es ist dasjenige Metall, das wohl am allermeisten auf Erden vorkommt. Seine Sauerstoffverbindung, sein Oxyd heißt von alters her bei den Chemikern Tonerde. Der Name Aluminium hängt mit Alaun (lat. Alumen) zusammen, weil man seit langem weiß, daß Alaun (siehe auch Seite 152) eine Verbindung der Tonerde, nämlich ein Doppelsalz, schwefelsaure Kalitonerde ist.

Auch wissen wir ja, daß aller Ton (siehe Seite 225) kieselsaure Tonerde oder jetzt noch ausführlicher bezeichnet kieselsaures Aluminiumoxyd ist. Jeder Ziegel enthält daher reichlich Aluminium, und jeder Topfscherben wäre von jeher ein Rohmaterial — ein Erz — für Aluminium gewesen, wenn das Aluminiumoxyd nach Art anderer Metalloxyde durch Kohle reduzierbar wäre. Das ist aber nicht der Fall, ja, diese Methode ist hier geradezu ausgeschlossen, indem das Verbindungsbestreben des Sauerstoffs zum Aluminium größer als zur Kohle ist, so daß Kohle das Oxyd nicht zu zerlegen vermag.

Nun kann man im Laboratorium Metalle nicht nur auf dem Wege der Reduktion ihrer Oxyde durch Kohle gewinnen. Es gibt dafür auch andere allerdings viel kompliziertere Methoden, und nach einer solchen ist Aluminium zuerst 1827 erhalten worden. Seit dem Jahre 1850 etwa hat man dann ununterbrochen irgend eines der Laboratoriumsverfahren für die Praxis brauchbar zu machen gesucht.

Die ersten sehr große Mittel beanspruchenden Versuche ließ Napoleon der Dritte anstellen. Es war die Zeit vor dem damals bereits drohenden Krimkriege, und er hoffte seine Soldaten mit dem leichten Metall panzern zu können. Auf diesen Versuchen ist weiter gebaut worden. Aber Aluminium wäre auf diesem Wege, bei dem es sich um rein chemische Methoden handelte, schwerlich je sehr billig geworden, wenn nicht ein anderes bis vor zwanzig Jahren recht kostspieliges Agens, nämlich die „Elektrizität“, die im Laboratorium seit langem ebenfalls zur Metallgewinnung benutzt wurde, plötzlich in größter Fülle und billig zu haben gewesen wäre.

Auch die Praxis der Metalle verwendete die Elektrizität seit langem, aber nur zur Abscheidung einiger Metalle aus Lösungen für den Zweck, um weniger wertvolle Metalle mit wertvolleren zu überziehen, um sie zu vergolden, vernickeln usw.

Für die Gewinnung von Metallen an sich war dieser Prozeß zu teuer. Er wird bekanntlich Galvanoplastik genannt. Nach diesem Verfahren sind namentlich versilberte Waren seit Mitte des vorigen Jahrhunderts in größter Menge hergestellt worden. Die Kunst mittels des elektrischen Stromes Metalle als festhaftende Masse auf anderen niederzuschlagen, war von Jacobi in Rußland und Spencer in England fast gleichzeitig 1839 entdeckt worden, die danach als Erfinder der Galvanoplastik zu bezeichnen sind. Bis zu diesem Jahre waren die elektrolytisch ausgeschiedenen Metalle immer nur in leicht zerbröckelnden Stücken erhalten worden.

Die Einwirkung der Elektrizität auf chemische Verbindungen ist, was wir hier nicht unerwähnt lassen wollen, schon recht lange untersucht. Priestley teilte bereits 1775 mit, daß das durch

Reibungselektrizität, also mittels der Elektrisiermaschine erzeugte Feuer — dieses war die einzige Elektrizitätsquelle, die man damals kannte — das Ammoniakgas zersetzte. Wir wissen, Ammoniakgas ist eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff (siehe Seite 32). Läßt man also durch das Gas elektrische Funken schlagen, so findet man hernach statt seiner ein Gemenge dieser beiden Gase. Wie hätte jemand damals ahnen können, daß diese Beobachtung etwa 120 Jahre später der Welt ein neues Metall, nämlich das Aluminium, zur Verfügung stellen würde.

Im Jahre 1782 fand man, daß das elektrische Feuer auch das Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt und 1800 wurde konstatiert, daß nicht nur die Reibungselektrizität, sondern auch der im Jahre 1790 entdeckte galvanische Strom dies vermöge.

Da der letztere bald mit Hilfe der sogenannten galvanischen Batterien nicht übermäßig schwer zugänglich war, sich jedenfalls sehr viel bequemer handhaben ließ, als das mit der Elektrisiermaschine erzeugte elektrische Feuer, studierte man die Einwirkung der Elektrizität auf chemische Verbindungen von da ab eifrig weiter, und im Jahre 1806 bereits wurde das auffällig leichte Metall Kalium aus einer Kaliumverbindung und bald auch das Metall Natrium aus einer Natriumverbindung mittels „Elektrolyse“ hergestellt.

Damit lernte man zwei ganz neue sogenannte leichte Metalle kennen, die leichter als Wasser sind und solche Verwandtschaft zum Sauerstoff haben, daß sie, auf Wasser geworfen, aufbrennen. Indem sie dem Wasser nämlich auf das eifrigste Sauerstoff entziehen, um sich damit zu verbinden, wird die Hitze bald so groß, daß der Wasserstoff, den sie hierbei aus dem Wasser frei machen — Wasser besteht doch aus Wasserstoff und Sauerstoff — sich an der Luft entzündet, und sie mit in Brand setzt.

Eine Verwendung für Kalium und Natrium im Leben erscheint damit ausgeschlossen. Im Gegensatz dazu ist nun das Aluminium, mit dem wir es hier speziell zu tun haben, wenn auch ein ebenfalls sehr leichtes Metall, doch an der Luft

und im Wasser durchaus beständig und deshalb praktisch verwertbar.

Nach einer ganz unglaublichen Zahl mißglückter Versuche erfolgt jetzt seine Darstellung mittels des elektrischen Stromes in folgender leicht verständlichen Art, der man es nicht anmerkt, daß ihre Auffindung so unendliche Mühe gemacht hat; die auch in der Beschreibung viel einfacher erscheint, als sich ihre Ausführung in der Wirklichkeit gestaltet. Tonerde, also Aluminiumoxyd wird in ein geschmolzenes Gemisch von Kryolit (siehe Seite 222) und Flußspat, zwei sich in der Natur massenhaft findenden Mineralien, eingetragen, und in dieses Bad der elektrische Strom geleitet, was im elektrischen Ofen erfolgt (siehe dessen Abbildung Seite 37). Für die glänzenden Erfolge des elektrischen Ofens ist das Ausschlaggebende, daß sich bei ihm die Hitze mitten im zu verschmelzenden Beschickungsmaterial entwickelt. Damit steht er im Gegensatz zu allen älteren Feuerungsanlagen, die nur das Erhitzen der Tiegel von außen gestatten, und infolgedessen gibt es fast keine Aufgabe der Erhitzungstechnik, die auf diesem Wege nicht gelöst werden kann. Im elektrischen Ofen wird auch das Aluminiumoxyd in seine beiden Bestandteile zerlegt, und zwar in das Aluminium, welches sich im geschmolzenen Zustande am Boden des Gefäßes ansammelt, und den Sauerstoff, welcher gasförmig entweicht, womit die Aufgabe das Aluminium als Metall zu gewinnen, gelöst ist. Der Preis des Aluminiums bewegte sich in folgenden Grenzen: 1855 kostete 1 Kilo 1000 Mark, 1856 300 Mark, 1886 100 Mark, 1908 2 Mark. Im Jahre 1907 wurden 19800 Tonnen Aluminium produziert. In vielen Beziehungen hat das Metall bekanntlich den Erwartungen nicht recht entsprechen wollen, die man daran knüpfte. So sind die zahlreichen Gegenstände für den täglichen Gebrauch, die man, nachdem es so billig geworden war, aus ihm herstellte, z. B. Messer und Gabeln, Schlüssel usw. bereits wieder der Vergessenheit anheimgefallen, indem sie sich nicht bewährten. Auch sind weder reines Aluminium noch Aluminiumlegierungen im Seeschiffbau verwendbar, weil sie sich sämtlich als nicht genügend widerstandsfähig gegen die zersetzende Wirkung des See-

wassers erwiesen haben. Doch hat man allmählich gefunden, daß Kochgefäße aller Art für chemische Fabriken und Bierbrauereien aus ihm hergestellt werden können, und von da aus ist man zu seiner Verwendung als Küchengeschirr gelangt, was seinen Verbrauch ins gewaltige steigern wird. Im Jahre 1907 hat man auch die Schwierigkeiten, die es dem Löten bereitet, endgültig überwunden, indem Schoop gezeigt hat, daß sich Aluminiumstücke tadellos autogen (siehe Seite 39) zusammenschweißen lassen. Damit wird das Aluminium ein immer ernsterer Konkurrent des Kupfers.

Zwölfter Vortrag.

Legierungen. Münzen. Bronze. Patina. Messing. Tombak. Talmigold. Neusilber. Alfénide. Britanniametall. Letternmetall. Nickelstahl. Alkaloide. Morphium. Methan. Benzol. Pyridin. Coniin. Chinolin. Kairin. Antipyrin. Phenacetin. Narkotika. Chloral. Äther. Hoffmanns Tropfen. Chloroform. Antiseptika. Jodoform. Karbolsäure. Sublimat. Salicylsäure.

Metalle werden nicht nur als solche verwendet, sondern man stellt auch durch Zusammenschmelzen mehrerer derselben die Legierungen her, deren Eigenschaften für manche Zwecke wertvoller als die der einzelnen Mischungsbestandteile sind.

Täglich gehen uns z. B. jene Metalllegierungen durch die Hände, die zu Münzen verwendet werden. Sowohl reines Gold wie reines Silber sind verhältnismäßig weich; sie würden sich im Verkehr zu rasch abnutzen. Ältere Münzen würden daher hinter frisch geschlagenen sehr bald stark im Metallwerte zurückstehen, was jetzt nur in sehr geringem Maße der Fall ist. Deshalb mischt man sowohl dem Golde als auch dem Silber Kupfer bei. Hierdurch erhält man, wie die Erfahrung gelehrt hat, eine für den Münzverkehr genügend harte Legierung.

Die Mischung unserer deutschen Goldmünzen wird aus 900 Teilen Gold und 100 Teilen Kupfer zusammengeschmolzen. Da nun 0,3584 Gramm Gold unter dem Namen Mark unsere Münzeinheit bilden, wiegt ein Zehnmarkstück 3,982 Gramm (3,584 g Gold + 0,398 g Kupfer).

Desgleichen werden unsere Silbermünzen aus 900 Teilen Silber und 100 Teilen Kupfer zusammengeschmolzen, und zwar werden aus dem Kilo Silber 200 Mark in silbernen Münzen geprägt. Hierbei ist also (siehe Seite 257) auf den Wert des

Silbers und seine Schwankungen keine Rücksicht genommen, wir haben Goldwährung. 1 Kilo Silber ist doch zurzeit nur etwa 76 Mark wert.

Unsere Nickelmünzen sind eine Legierung aus 1 Teil Nickel und 3 Teilen Kupfer, und zwar sind im Zehnpfennigstück 1 Gramm Nickel und 3 Gramm Kupfer enthalten.

Unsere Kupfermünzen bestehen aus einer Legierung von 95 Teilen Kupfer mit 4 Teilen Zinn nebst 1 Teil Zink, und zwar wiegen 300 Zweipfennigstücke und 500 Einpfennigstücke je ein Kilo.

Die letzteren bilden für uns einen geeigneten Übergang zur Bronze und zum Messing.

Die Bronze[1]) ist nämlich eine Mischung aus Kupfer und Zinn, in der das Kupfer stets vorwiegt. Sie ist die älteste aller bekannten Metallmischungen. Bis zur Gewinnung des Eisens stellten die Menschen nach der Meinung der meisten Forscher alle Metallgeräte, die sie überhaupt brauchten, daraus her, weshalb man von der Bronzezeit spricht, während einzelne Forscher eine dieser Zeit vorausgehende Kupferperiode annehmen.

Die Bronze wird auch heute noch in größten Mengen gebraucht, und dient zu den verschiedenartigsten Zwecken. Nicht nur in Form von Kirchenglocken tönt sie mahnend durch das Land an das Gewissen des einzelnen, auch in Form von Kanonen, die erst seit einem Menschenalter durch solche aus Gußstahl ersetzt werden, redete sie ein gewichtiges Wort im Schicksale der Völker.

In der Hoffnung, die allerbeste Legierung gerade für den Kanonenguß zu finden, haben die verschiedensten Staaten endlose Versuche über diese Legierung anstellen lassen, und die Bücher, in denen so ziemlich alles darüber Denkbare abgehandelt wird, repräsentieren eine ganze Bibliothek.

1) Das Wort Bronze soll nach den neuesten Forschungen eine Abkürzung von aes Brundusinum d. h. Metall von Brundusium (heute Brindisi) sein, so wie aes Cyprium, Metall von Cypern, der Ursprung des Wortes Kupfer ist.



Ihre ausgezeichnete Gußfähigkeit läßt sie auch zur Herstellung von Kunstwerken sehr geeignet erscheinen, und z. B. die großen Reiterstandbilder aus Bronze zeigen, wie sicher sie für derartige Zwecke gehandhabt werden kann.

Dabei leiden diese Kunstwerke selbst im Freien nicht durch die Zeit, sondern sie erhalten im Gegenteil jenen schönen Edelrost, den man als Patina bezeichnet.[1]) Die Patina trägt, und das ist das besondere daran, mit ihrem malachitartigen Grün zugleich einen metallischen Charakter; der eigentümliche Metallglanz leuchtet bei ihr durch die Farbe noch hindurch. Damit steht sie im wesentlichen Gegensatz zum Anstrich, denn wenn man auch diesen z. B. durch einen Firnisüberzug glänzend machen kann, so sitzt hier der Glanz obenauf, nicht in der Tiefe.

Ebensogut wie mit Zinn läßt sich Kupfer mit Zink legieren. Diese Mischung nennen wir Messing, auch der Bedarf daran ist ein sehr großer. Obgleich man das Zink (siehe Seite 296) erst seit dem achtzehnten Jahrhundert kennt, wußte man doch, daß, wenn man beim Ausschmelzen des Kupfers aus seinen Erzen zugleich gewisse andere Erze, die man im Alterum Cadmia später Galmei nannte, zusetzt, das erhaltene Kupfer nachher nicht rot, sondern gelb aussieht. Unter Cadmia oder Galmei verstand man also zinkhaltige Erze, wie wir heute sagen. Schon Aristoteles berichtet etwa 330 Jahre vor Christus: In Indien wird Kupfer gefunden, welches sich vom Golde nur durch seinen Geschmack unterscheidet Während man nämlich aus goldenen Bechern sehr gut trinken kann, haben alle kupferhaltigen Gerätschaften einen unangenehm metallischen Geschmack, weshalb er dieses Mittel der Unterscheidung als für seine Zeit sehr passende analytische Methode empfahl.[2])

---

1) Werden in der Nähe von Bronzestandbildern viele Steinkohlen gebrannt, so stört die mit deren Ruß, der an sich schon schädlich ist, in die Luft gelangende schweflige Säure (siehe Seite 197 Anm.) allerdings die Patinabildung so sehr, daß sie jetzt oft überhaupt nicht mehr zustande kommt.

2) Auch die Messinöken, ein nordwärts wohnendes Volk, berichtet er, machen Kupfer durch Zusammenschmelzen mit einer Erde, die also eben-



Messing kann bei passender Mischung der Metalle auch fast goldähnlich aussehen, und unter dem Namen Tombak sind Waren aus solcher Legierung im Handel. Durch Zugabe von Blei erhält es eine ganz besonders goldähnliche Farbe. So hergestelltes Messing ist aber an der Luft wenig beständig, indem es sich bald oxydiert und dadurch unansehnlich wird. Überzieht man dasselbe oder auch Tombak mit ein wenig Gold, so hat man das Talmigold.

Nicht unerwähnt wollen wir auch das „cuivre poli“ lassen, obgleich es schon wieder anfängt unmodern zu werden. Cuivre poli ist ein Mittelding zwischen Messing und Bronze. Immerhin steht es der Billigkeit halber — Zink kostet jetzt nicht ganz ein Sechstel so viel als Zinn — dem Messing sehr nahe. Es ist, wie man will, eine stark zinkhaltige Bronze, oder ein schwach zinnhaltiges Messing.

Schmilzt man Kupfer, Zink und Nickel zusammen, so erhält man das Neusilber. Diese Legierung, die von 1820 bis 1860 etwa eine bedeutende Rolle spielte, ist durch die auf galvanischem Wege echt versilberten Waren wieder ganz in den Hintergrund gedrängt worden. Ursprünglich war Alfénide echt versilbertes Neusilber. Für solche Waren verwendete man aber bald als Unterlage wohlfeilere weiße Metallgemische, wie z. B. das Britanniametall, welches aus 90 Teilen Zinn und 10 Teilen Antimon zusammengeschmolzen wird, das man aber heute durch noch billigere ersetzt.

Nun wollen wir zum Schluß die Zusammensetzung jener Legierung, die wir zwar selbst nicht häufig zu sehen Gelegenheit haben, die aber der Vervielfältiger unserer geistigen Nahrung ist, kennen lernen, das ist das Letternmetall.

Sein wichtigster Bestandteil ist stets das Blei. Diesem wird

---

falls ein Zinkerz gewesen sein muß, goldgelb. Von diesem Volksnamen wollen einige die Bezeichnung Messing herleiten, nach anderen soll möschen, maischen ein älterer Ausdruck für mischen sein, und Gebrüder Grimm leiten Messing einfach von massa her, das im Mittelalter soviel wie ein unbearbeiteter Metallklumpen bedeutet.

Antimon, auch ein wenig Zinn und ähnliches zugesetzt. Bisher ist leider nicht gelungen, eine bleifreie Legierung von gleicher Brauchbarkeit wie die bleihaltige für den Buchdruck herzustellen, so wünschenswert dies auch ist, da damit erst die schweren Erkrankungen mancher Setzer an chronischer Bleivergiftung endgültig beseitigt wären.

Wir haben nunmehr gesehen, wie Metalle von so ausgezeichneter Brauchbarkeit wie das Kupfer, das Zink und andere, in Form von Legierungen noch neue wertvolle Eigenschaften zeigen können. Eine Ausnahme machte in dieser Beziehung nur das von uns so ausführlich besprochene Eisen. So viel auch versucht worden war, es durch Beimischung anderer Metalle zu verbessern, so waren alle diese Bestrebungen bis zum Jahre 1895 ziemlich vergeblich. Seitdem ist es allerdings gelungen, die Festigkeit des Stahls durch Zumischen von Nickel zu erhöhen, wie zuerst auf französischen Werken erfolgreich angestellte Versuche ergeben haben. Die Festigkeit des besten Gußstahls verhält sich zu der des Nickelstahls wie 4 zu 7. Nickelstahl hat also fast die doppelte Festigkeit des Gußstahls. So werden denn neuerdings Geschützrohre allerschwersten Kalibers, sowie Torpedoboote aus der Nickelstahl genannten Legierung hergestellt und Kriegsschiffe trotz ihres hohen Preises damit gepanzert. Auch rostet Nickelstahl nicht im Seewasser, und wachsen an ihm im Gegensatz zum Flußeisen keine Pflanzen und Crustaceen an, welche die Geschwindigkeit der Schiffe infolge der rauh gewordenen Oberfläche und dadurch vermehrten Reibung sehr herabsetzten. Das sonst zum Entfernen dieser Anwüchse nötige langwierige und kostspielige Docken der Kriegsschiffe fällt deshalb hier fast ganz fort. War hier nur eine Verbesserung bestehender Zustände erreicht, so hat Nickelstahl aber weiter erst die Herstellung jener großen jetzt so viel besprochenen Dampfturbinen ermöglicht. In ihnen müssen Räder von 2 bis 3 Meter Durchmesser an 4000 Umdrehungen in der Minute machen. Gußeisen würde dabei durch die Zentrifugalkraft wie ein Papierblatt zerreißen, aber Räder aus Nickelstahl könnten noch das

vier- bis fünffache dieses Anspruchs an ihre Zerreißfestigkeit ertragen.

Übertroffen werden diese Ansprüche an die Haltbarkeit des Materials noch im Automobilbau. Hier werden Stahlsorten verwendet, an die man vor wenigen Jahren noch gar nicht gedacht hat. Ihr außerordentlich hoher Preis spielt mit Rücksicht auf ihre Haltbarkeit und die Kleinheit der Explosionsmaschinen, um die es sich überhaupt handelt, keine Rolle. Die Herstellung dieser Stahlsorten kann nur in der Glut des elektrischen Ofens erfolgen. Wir bilden hier einen derartigen Ofen, wie ihn HÉROULT im Jahre 1907 angegeben hat, ab. Wollte man die Kohlenelektroden *A* und *B* etwa direkt in das Eisenbad *C* tauchen lassen, so würde der mit den nötigen Zusätzen an Chrom, Vanadium, Silicium, Titan usw. versetzte Stahl gekohlt werden und wieder in Roheisen übergehen. Deshalb werden die Elektroden denn auch nur so tief in die Schlackendecke *D* eingeführt, daß der Widerstand zwischen ihnen in der Schlacke größer ist, als der durch die Schlackendecke und das Stahlbad hindurch von einer Elektrode zur anderen. So wird hier der Stahl auf die Glut des elektrischen Flammbogens gebracht, ohne mit der Kohle in Berührung zu kommen.

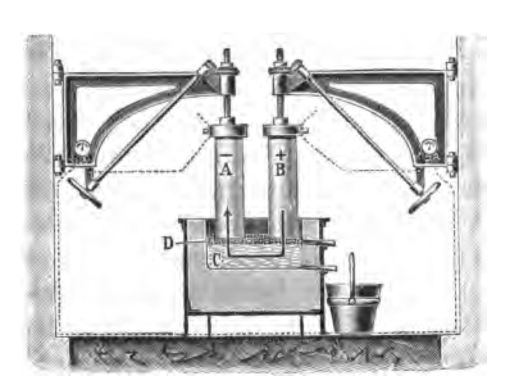


Fig. 24. Elektrischer Ofen nach HÉROULT.

Alles bisher von uns Vorgetragene beschäftigt sich mit Kenntnissen, die für die Gesamtmenschheit verwertet werden oder verwertbar sind. Wir stellen uns diese doch als ein durch die Zeit nicht beschränktes unablässig vorwärts strebendes Ganze vor.

Aber die Chemie hat auch lange schon versucht, ihre Leistungen in den Dienst des Einzelindividiuums zu stellen, das

entsteht, lebt und vergeht, und während der beschränkten Zeit seines Daseins noch oft genug von Krankheiten bedroht bzw. ihnen unterworfen ist. Ein älterer Abschnitt aus der Geschichte derselben führt geradezu den Namen des Zeitalters der Jatrochemie, d. h. der ärztlichen oder medizinischen Chemie. Auch auf diesem Gebiete hat die Chemie namentlich seit dem Jahre 1803 große Erfolge aufzuweisen, die alles frühere in den Schatten stellen.

Den Anfang machte die Entdeckung der Alkaloide, worunter man in den Pflanzen vorkommende Bestandteile von alkalischer (siehe Seite 54) Beschaffenheit versteht. Man lebte bis dahin der Anschauung, aus dem Pflanzenreiche ließen sich nur Säuren wie Weinsäure, Zitronensäure u. a. m., sowie neutrale Substanzen, wie Stärke, Zucker usw. gewinnen. Bei der Untersuchung arzneilich wirksamer Drogen fand aber DEROSNE bereits in jenem Jahre das Opiumsalz, wie er sein Produkt nannte, welches alkalisch reagierte. Dies erschien ihm so merkwürdig, daß er davon als einer „matière vegetoanimale toute particulière“ spricht. Erst 1817 ist aber reines Morphium, das jenes Opiumsalz in unreiner Form repräsentiert hatte, dargestellt und daran endgültig festgestellt worden, daß sich dieser einer Pflanze entstammende Stoff wirklich wie ein Alkali mit Säuren zu verbinden vermöge.

Den Wert solcher Alkaloide wie des Chinins als Mittels gegen das Fieber, des Morphiums als Schlafbringers, des Atropins als die Pupille erweiternden Stoffs, des Kokains als lokalen Anästhetikums, also örtlich begrenzt wirkenden Chloroforms, und was in leicht zu vermehrender Weise sonstige Alkaloide als Linderungs- und Heilmittel der leidenden Menschheit leisten, brauchen wir hier nicht erst näher darzulegen. Gewiß benutzte man vor ihrer Kenntnis schon mit teilweisem Erfolge die Drogen, in denen sie vorkommen, indem sie, wenn sie auch in diesen nur in geringer Menge enthalten sind, sogar hier schon sehr starke, ja seltsame Wirkungen zeigen können. So erzeugt, um nur noch eines anzuführen, der Genuß des Fliegenpilzes das Gefühl des Schwebens bzw. des Fliegens, und sollen hierauf die mittelalterlichen Vorstellungen vom Fliegen der Hexen zurückzuführen sein. Die

Alkaloide sind aber in den Drogen öfters mit so vielen anderen Stoffen gemengt, welche ihre eigentliche Wirksamkeit modifizieren, daß diese schließlich womöglich gar nicht zur Geltung kommt. So liegt die Sache z. B. beim Morphium im Verhältnis zu dem der Pflanze direkt entstammenden Opium, aus dem es hergestellt wird. Das Opium kann nämlich wegen seiner Gesamtwirkungen wohl für andere Zwecke, aber in der Medizin trotz seines Morphiumgehalts nicht als Schlafmittel Verwendung finden.

Die chemische Untersuchung dieser Alkaloïde zeigt, daß, wie zu erwarten ist, die Atomkomplexe, aus denen sie bestehen, sehr komplizierte sind. Es ist uns ja von früher her bekannt (siehe Seite 24 und 71), daß es nicht allein genügt, die Anzahl der Atome, aus denen sich ein Körper zusammensetzt, zu wissen, um sich darüber klar zu sein, sondern, daß zu seiner wirklichen chemischen Erkenntnis notwendig ist, auch herauszubringen, wie darin diese Atome eines an dem anderen hängen. Erst wenn diese, wie auch jeder Laie einsieht, ungemein schwierige Aufgabe gelöst ist, kann man im Laboratorium die Sache umzukehren versuchen und kann sich nun seinerseits daran wagen, solchen Atomkomplex künstlich aus den Atomen zusammenzusetzen, das Naturprodukt durch Synthese zu gewinnen trachten.[1])

Wir wissen schon (siehe Seite 25), daß alle Körper der organischen Chemie sich von dem Kohlenwasserstoff, der den Namen Methan oder Grubengas führt, und der aus einem Kohlenstoff- und vier Wasserstoffatomen besteht,

```
              Wasserstoff                                    H
                   |                                         |
Wasserstoff—Kohlenstoff—Wasserstoff      abgekürzt        H—C—H
                   |                                         |
              Wasserstoff                                    H
```

1) Hinsichtlich verhältnismäßig so einfach zusammengesetzter Körper, wie es z. B. der reine Trinkbranntwein ist, der, wie wir wissen (siehe Seite 94), nach der Formel C_2H_6O zusammengesetzt, ist die Aufgabe, ihn aus zwei Atomen Kohlenstoff, sechs Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff aufzubauen, seit vierzig Jahren etwa gelöst. Aber der im Laboratorium erzeugte Alkohol ist unendlich teurer als der durch Gärung gewonnene.

herleiten lassen, wenn wir uns an die Stelle seiner Wasserstoffatome immer andere Atome und Atomkomplexe gebracht denken. Dabei kann jeder einwertige Rest an die Stelle jedes anderen einwertigen, jeder zweiwertige für zwei, jeder dreiwertige für drei Wertigkeiten eintreten.

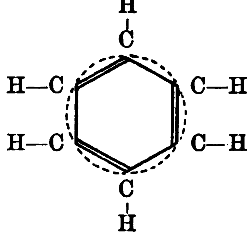
$$\begin{array}{c} \mathrm{H} \\ | \\ \mathrm{H{-}C{-}} \\ | \\ \mathrm{H} \end{array}$$ ist doch z. B. ein einwertiger Rest des Methans,

weil ihm ein Wasserstoffatom, ein H, fehlt. Verbindet er sich mit sich selbst, was er doch, weil er einwertig ist, der Regel zufolge kann, so kommen wir zu $\begin{array}{c} \mathrm{H\ \ H} \\ |\ \ \ | \\ \mathrm{H{-}C{-}C{-}H} \\ |\ \ \ | \\ \mathrm{H\ \ H} \end{array}$ dem Kohlenwasserstoff C_2H_6 usw.

Nun vermögen die Kohlenstoffketten, die man sich durch Wiederholung unseres Verfahrens mit Bezug auf den Rest CH_3 beliebig verlängert denken kann (siehe Seite 24), sich auch nach den Seiten zu verzweigen, ja „ringförmig" ineinander zurückzukehren. Namentlich Atomkomplexe mit sechs Kohlenstoffatomen lieben eine derartige Anordnung. Ein solcher Ring zeigt eine erstaunliche Festigkeit gegenüber dem Zerreißen, was hier in dem Sinne zu verstehen ist, daß er chemischen Angriffen meist völlig widersteht, daß er also, auch wenn er den verschiedenartigsten chemischen Foltern unterworfen wird, neue Körper liefert, in denen der Ring mit den sechs Kohlenstoffatomen erhalten geblieben ist. Da es unbequem ist, kreisförmige Figuren zu zeichnen, so macht man einem allgemein eingeführten Brauche zufolge zwischen diesen sechs Atomen statt der gekrümmten im Schema durch Strichelung angedeuteten Linien gerade Bindungsstriche, wodurch der Kreis ein Sechseckschema wird, eine Figur[1]),

1) In solchen ringförmigen Kohlenwasserstoffen halten sich die Kohlenstoffatome abwechselnd mit einfacher und doppelter Bindung fest, so daß auch hier die Vierwertigkeit des Kohlenstoffatoms zur Geltung kommt. Da dieses jeder Chemiker weiß, genügt ihm das einfache Sechseck als Ausdruck der ringförmigen Bindung, wie auch wir es weiterhin finden.

der man daher fortwährend in den chemischen Abhandlungen begegnet.



Der im Schema wiedergegebene Kohlenwasserstoff ist wiederum der unter diesen Bedingungen denkbar einfachste. Er besteht aus sechs Kohlenstoff- und sechs Wasserstoffatomen. Seine Formel ist daher C_6H_6. Er ward im Jahre 1826 aufgefunden und führt den Namen Benzol, weil er bald hernach auch aus der Benzoesäure erhalten wurde. Die ewig denkwürdige, weil in ihren Folgen unabsehbare Vorstellung von der ringförmigen Bindung seiner Kohlenstoffatome ist 1866 von Kekulé entwickelt worden. Das Benzol ist Muttersubstanz einer ungeheuren Menge von Körpern, findet sich reichlich im Steinkohlenteer, und alle Anilinfarben können beispielsweise daraus hergestellt werden. Die Industrie dieser Farben z. B. hätte ohne die Vorstellung von ringförmigen Atomkomplexen, die das Verhalten dieser Klasse von Substanzen allein zu erklären vermag, niemals ihre jetzige Blüte erreichen können.

In der Herstellung der Anilinfarben sowohl wie der künstlichen Heilmittel, zu denen wir sogleich kommen, sowie der künstlichen Wohlgerüche, wie z. B. des Geruchs der Veilchen, der nicht minder schwierig darstellbar, ist Deutschland allen Ländern der Welt überlegen. Der Grund hierfür ist nach der Meinung der Sachverständigen auf den verschiedenen Studiengang der Chemiker in Deutschland gegenüber dem in den meisten anderen Ländern zurückzuführen. „Der junge künftige Techniker,“ sagt Ostwald, „in England denkt zu praktisch, um Chemie in abstrakter Gestalt zu studieren. Wenn er z. B. später in die Färberei gehen

will, studiert er lieber das Färben selbst. In Deutschland ist es umgekehrt; da studiert jeder künftige Chemiker vor allen Dingen Chemie; ihre Anwendungen kommen später. Die notwendige Folge ist, daß der englische Techniker von neuem anfangen muß, wenn irgend eine wesentliche Änderung in seinem Gebiete stattfindet; der Deutsche besinnt sich auf die allgemeinen Grundlagen, die er sich zu eigen gemacht hat, und findet sich bald zurecht. Demgemäß verfügt die deutsche chemische Industrie über einen größeren Vorrat an wissenschaftlich geschulter Intelligenz als irgend ein anderes Land, und daher stammt ihre Überlegenheit."

Auch der Laie wird, wenn er sich mit dem Inhalt dieses Buches vertraut gemacht hat, einsehen, daß das Studium der Chemie heutzutage ein sehr schwieriges ist. Es läßt sich nicht leugnen, worauf Verfasser auf Grund zahlreicher an ihn ergangener Anfragen zu sprechen kommt, daß viel zu viel Chemie studiert wird. Die meisten beginnen dieses Studium in der unbestimmten Hoffnung, die sie selbst oder ihre Angehörigen hegen, es werde ihnen später gelingen, eine „wertvolle Erfindung" zu machen, die sie für die Zukunft aller Sorgen enthebt. Aber so viel geht wohl aus diesem Buche, welches zeigt, wie gründlich alles von den Chemikern durchgearbeitet wird, hervor, daß das nicht mehr leicht sein kann. Es steht das ungefähr auf der gleichen Stufe mit der Hoffnung auf einen bedeutenden Lotteriegewinn. Jene vom Glücke Bevorzugten, die um das Jahr 1870 in die damals, auf der Theorie Kekulés fußend, ihren Aufschwung nehmende Anilinfarbenindustrie kamen, haben es fast alle zu großen Erfolgen gebracht. Dies gilt aber in sehr bescheidenem Maße von den meisten, die in den letzten Jahren als junge Chemiker in diese Industrie eintraten. Ja, es erscheint so gut wie ausgeschlossen, daß nochmals der chemischen Großindustrie ein ähnlich einträgliches Gebiet wird

erschlossen werden, welches plötzlich wieder allen jungen so reichlich vorhandenen Kräften ein lohnendes Arbeitsfeld schafft, wie es mit der Anilinfarbenfabrikation und ihren Annexen seinerzeit der Fall war.

An diese im Jahre 1896 geschriebenen Zeilen mögen sich noch folgende Äußerungen des Ingenieurs Stiel vom Oktober 1904 anschließen: Ein Schluß auf die heute vorliegenden Verhältnisse läßt sich indes schon aus den zahllosen Stellungsgesuchen in den Fachblättern, in denen sich die Bewerber zu jahrelangem kostenlosen Arbeiten erbieten, sowie aus der Tatsache ziehen, daß sich die allergrößte Mehrzahl der Ingenieure, technischen Chemiker usw. heute lange Jahre mit Gehältern von 100 bis, wenn es hoch kommt, 150 Mark monatlich begnügen muß. Die Firmen bekommen eben zu diesem Preise tüchtige Kräfte in Hülle und Fülle, so daß für sie keine Veranlassung vorliegt, mehr zu zahlen. Ist es doch vorgekommen, daß bei einer großen Aktiengesellschaft Gehaltserhöhungen mit der Begründung abgelehnt wurden, daß man den älteren Herren keine Zulagen bewilligen könne, da man „Leute von der Hochschule mit den neuesten Erfahrungen“ für 100 Mark in Menge bekommen könne!

Seit dem Jahre 1880 etwa weiß man auch, daß ringförmige Atomkomplexe nicht nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff zu bestehen brauchen, sondern daß der Ringschluß auch durch andere Elemente, namentlich durch Stickstoffatome bewirkt werden kann. Stickstoff kürzen wir, von Nitrogenium her, durch N ab, und so ist der einfachst mögliche derartige Körper C_5H_5N. Er führt den

```
          H
          |
          C
        /   \
   H—C       C—H
     |       |
   H—C       C—H
        \   /
          N
```

Namen Pyridin. Auch er findet sich im Teer, und alle Alkaloide, also alle jene auf den menschlichen Körper so stark einwirkenden Pflanzenbestandteile sind bis auf verschwindende Ausnahmen

Abkömmlinge desselben. So hat das Coniin, welchen Namen das giftige Alkaloid des Schierlings führt, die Summenformel $C_8H_{17}N$. Diese 26 Atome sind in folgender Weise aneinandergekettet:

```
              H   H
               \ /
                C
 H           /     \         H
  >C                  C<
 H                           H
   |                  |     H
 H                    |    /
  >C                  C<   H   H   H
 H           \     /       \|   |   |
                N           C — C — C — H
                |           |   |   |
                H           H   H   H
```

Diese Art der Aneinanderlagerung der Atome im Schierlingsgift ist von Ladenburg schließlich völlig erkannt worden. Er hat daraufhin den bis dahin nur von der Natur in der Pflanze erzeugten Atomkomplex im Laboratorium 1888 künstlich aus dem dem Steinkohlenteer entstammenden Pyridin hergestellt.

Die Untersuchung des Chinins, jenes berühmtesten aller Fiebermittel, ist noch nicht ganz so weit gediehen; denn das Chinin ist unendlich komplizierter als z. B. das Coniin zusammengesetzt. Aber aus dem Chinin gewinnt man mit Leichtigkeit ein Spaltungsprodukt, das Chinolin. Dieses ist, wie die Untersuchungen ergeben haben, ein Atomkomplex mit zwei Ringen. Der Benzolring und der Pyridinring haben sich darin in folgender Art aneinander gelagert:

```
          H           H
          |           |
          C     C     C
       /     \  /  \     \
  H — C         |          C — H
      |         |          |
  H — C         |          C — H
       \     /  \  /     /
          C     C     N
          |
          H  Chinolin
```

Man weiß nun noch nicht, wie alle anderen im Chinin vorhandenen Atome am Chinolin hängen. Vom Chinin kostet, so sehr es auch im Preise gefallen ist, immer noch ein Kilo zirka 40 Mark, folglich war das daraus hergestellte Chinolin eine gewiß teure Substanz. Heute kauft man aber ein Kilo trotz des

hohen Chininpreises für weniger als 10 Mark. Dies kommt daher, daß man das Chinolin aus Steinkohlenteerderivaten in beliebiger Menge billig herstellen kann, so daß man also das teure Chinin zu seiner Gewinnung gar nicht mehr nötig hat.

Da das Chinolin so zu sagen das Gerippe des Chinins darstellt, so kam man auf die Idee, ob es denn gerade notwendig sei, daß genau die gleichen Atome und Atomkomplexe wie im Chinin daran hängen, damit es ein Fiebermittel sei; ob nicht vielleicht, wenn man das Chinolin in einen den ganzen bisherigen Erfahrungen nach geeigneten Atomkomplex verwandelte, diese neue Substanz, die also nur eine ungefähre Anlehnung an das Naturprodukt darstellt, ähnlich diesem imstande sein würde, die hohe Körpertemperatur der Fiebernden herabzusetzen, und so ähnlich dem Chinin würde als Fiebermittel Verwendung finden können.

Nach vielen Versuchen wurde so das erste neue künstliche Fiebermittel im Jahre 1881 geboren, das den Namen Kairin erhielt. Es ist heute längst wieder vergessen, weil es durch wirksamere ersetzt worden ist, indem seitdem ein neues künstliches Fiebermittel das andere jagt. Dazu kam, daß man, nachdem man sich einmal mit dem Gegenstande beschäftigte, herausfand, daß auch bei weitem einfachere Atomkomplexe, als es das Chinolin ist, schon Fiebermittel liefern können, wodurch es noch leichter geworden ist, solche im Laboratorium herzustellen.

Am meisten bewährt haben sich in der Praxis wohl Antipyrin, dessen Atomkomplex ein sehr komplizierter aber kein Derivat des Chinolins ist, und Phenacetin, dem eine verhältnismäßig einfache Anordnung von Atomen zugrunde liegt.

Wir sprachen eingangs vom Morphium, das als einschläferndes Mittel einen geradezu epochemachenden Fortschritt in der inneren Medizin bedeutet, namentlich seitdem der englische Arzt Wood 1855 die Einspritzung desselben unter die Haut einführte, wodurch seine Wirkung eine viel schnellere und zuverlässigere wird, indem es auf dem kürzesten Wege direkt in die Blutbahn gelangt.

Zumal in Rücksicht auf die Gefahr der Morphiumsucht, die leider mit seinem Gebrauche verbunden ist, hat man sich viel Mühe gegeben, einen passenden Ersatz für dasselbe zu finden. Das erste Ersatzmittel ist das Chloral gewesen, welches chemisch, woran schon der Name erinnert, in einer gewissen Verwandtschaft zum Chloroform steht.

Auch die Anzahl dieser Mittel ist mit der Zeit Legion geworden. Es hat sich gezeigt, daß den verschiedenartigsten Körperklassen die Eigenschaft zukommt bei Menschen und Tieren Schlaf zu erzeugen. Schließlich ist doch auch der gewöhnliche Alkohol ein Schlafmittel. Nur pflegt sein reichlicher Genuß unangenehme Konsequenzen für den nächsten Tag zu haben. So geht es mit vielen dieser neuen Mittel ebenfalls. Sie führen wohl Schlaf, aber auch manche unangenehmen Folgen herbei, und dadurch erleidet die Zahl der praktisch verwendbaren eine bedeutende Einschränkung, wenn sie auch trotzdem immer noch groß genug ist.

Während die Schlafmittel dazu bestimmt sind, einen dem natürlichen möglichst ähnlichen Schlaf künstlich herbeizuführen, kann man jetzt bekanntlich auch die schwersten Operationen während eines so tiefen Schlafes ausführen, daß der Patient nichts davon fühlt.

Das erste zu dem Zweck einer so tiefen Einschläferung verwendete Mittel war der Äther, eine aus Alkohol leicht herstellbare Substanz.

Da man sie noch heute am bequemsten erhält, wenn man den Alkohol mit Schwefelsäure destilliert, nannte man sie einst und nennt das Volk sie jetzt noch Schwefeläther, obgleich sie keine Spur Schwefel enthält, wie man seit über hundert Jahren weiß.

Den Äther hat der Professor der Arzneimittellehre zu Wittenberg Valentinus Cordus, um 1530 entdeckt, und schon 1541 kennt Theophrastus Paracelsus Bombastus seine schlafmachende Wirkung. Es heißt bei ihm:[1])

1) Band I Seite 1064 seiner zu Straßburg 1603 in 10 Bänden neuaufgelegten gesammelten Werke.

Zum andern hat dieser Sulphur (es ist der Äther gemeint) eine Süße, das jhn die Hüner all essen, vnd aber endtschlaffen auff ein Zeit, ohn schaden wieder auffstohndt.[1])

Die richtigen Konsequenzen aus diesem „Tierversuch" des THEOPHRASTUS sind leider erst dreihundert Jahre nach dessen Anstellung gezogen worden. Dieser Versuch zeigte doch bereits, daß Äther einen tiefen Schlaf, aus dem man ohne Schaden wieder erwacht, herbeiführt. Das mangelnde Verständnis für diesen Vorgang ist sicher sehr bedauerlich, da, wenn man die Ergebnisse des Versuches schon damals richtig zu deuten verstanden hätte, leidenden Menschen seit Jahrhunderten viele Schmerzen hätten erspart werden können, indem man Kranke schon damals für die Zeit von Operationen hätte empfindungslos machen können.[2])

---

1) In der Fortsetzung dieser Mitteilung rühmt er ihn dann gegen alle möglichen Krankheiten. Seitdem 1750 der Hallenser Kliniker HOFFMANN ein Gemisch von 3 Teilen Spiritus und 1 Teil Äther als beruhigende schmerzstillende Arznei zuerst ernstlich empfohlen hat, ist er in Form der HOFFMANNS Tropfen Volksmittel geworden.

2) Doppelt bedauerlich bleibt das schon in Rücksicht auf die für uns fast unglaubliche Roheit der Kuren, welchen man damals die Menschen unterwarf. So war es bis vor etwa 350 Jahren Gebrauch, die Reststücke von in der Schlacht abgeschossenen Gliedern in siedendes Öl zu tauchen, was ihren Heilungsprozeß sichern sollte. Als aber nach einer Schlacht das Öl knapp war, konnten nur die Offiziere dieser Behandlung unterworfen werden. Der französische Arzt AMBROISE PARÈ, der die Kur auszuführen hatte, bemerkte jedoch später, daß die Wunden der nicht so entsetzlich gequälten Soldaten ebenso gut heilten wie die der Offiziere. Indem er dieses in einem bald in alle europäischen Sprachen übersetzten Buche bekannt gab, verlor sich allmählich diese Barbarei, die wahrscheinlich dazu dienen sollte, das Vereitern der Wunden zu verhindern, was man heute durch von chemischen Fabriken geliefertes Jodoform, Karbol usw. erreicht.

Wir dürfen übrigens gegen die Ärzte der damaligen Zeit nicht gar zu ungerecht sein. Hinderte sie doch die Anschauung der Zeit Leichen zu sezieren, so daß sie die Grundlage ihres gesamten Wissens, die Anatomie, nur nach dem Buche des Arztes GALENUS, der um 200 nach Christus gelebt hat, studieren konnten. VESALIUS (geboren 1514), der Leibarzt Kaiser Karls des Fünften hat erst Leichen, die er vom Galgen stehlen ließ, seziert, und gleich gefunden, daß die Anatomie des GALENUS gar nicht die des

Zum Entschluß, den Äther in diesem Sinne als Einschläferungsmittel für kranke Menschen zu verwenden, kam aber erst der amerikanische Chemiker JACKSON im Jahre 1846, der den Zahnarzt MORTON veranlaßte, ihn als Einschläferungsmittel bei Zahnoperationen zu verwenden.

Die Erfolge auf diesem Gebiete waren so ausgezeichnete, daß der Chirurg WARREN, dem sie sie mitteilten, daraufhin einen durch Äther bis zur völligen Unempfindlichkeit eingeschläferten Kranken am 17. Oktober 1846 zu operieren wagte. Mit diesem Tage beginnt die schmerzlose Ausführung chirurgischer Operationen.

Andererseits begann sogleich die Suche nach Mitteln, die womöglich noch besser als der sehr feuergefährliche Äther — bei seiner Benutzung war z. B. die Verwendung des für Chirurgen öfters unentbehrlichen Glüheisens unmöglich — den gewünschten Zweck erfüllen sollten, und SIMPSON empfahl schon 1847 das Chloroform, das seitdem das Feld so ziemlich behauptet hat, wenn man auch noch immer bemüht ist, es durch andere und bessere Mittel oder Gemische derselben zu ersetzen.

Das Chloroform hat LIEBIG im Jahre 1831 entdeckt, indem er es aus dem Chloral darstellte. Heute gewinnt man es auf weit billigerem Wege durch Einwirkung von Chlorkalk auf Spiritus. In chemischer Beziehung ist es ein sehr einfach zusammengesetzter Körper. Ersetzen wir nämlich in dem uns jetzt so wohlbekannten Kohlenwasserstoff CH_4, also dem Methan, drei Wasserstoffatome durch Chlor — das kann man im Laboratorium ganz direkt ausführen — so bekommen wir das Chloroform, und damit unser Einschläferungsmittel. Formelgerecht geschrieben stellt sich der Zusammenhang folgendermaßen dar:

Menschen, sondern die des Affen und Bären ist. Auch VESALIUS drohte wegen seiner Sektionen ein Prozeß auf Leben und Tod. Doch zog der Kaiser ein Gutachten über das Sezieren von der damals berühmten Universität Salamanca ein. Diese war, was sehr anzuerkennen ist, vernünftig genug, zu erklären, sie müsse das Sezieren von Leichen zu wissenschaftlichen Zwecken für gestattet erachten.

$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H \end{array}$$
Methan

$\begin{array}{c} \text{Chlor} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{Chlor} \\ | \\ \text{Chlor} \end{array}$		$\begin{array}{c} Cl \\ | \\ H-C-Cl \\ | \\ Cl \end{array}$
Trichlormethan	oder	Chloroform
$\begin{array}{c} \text{Jod} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{Jod} \\ | \\ \text{Jod} \end{array}$		$\begin{array}{c} J \\ | \\ H-C-J \\ | \\ J \end{array}$
Trijodmethan	oder	Jodoform

Unter das Chloroform haben wir gleich das ihm hinsichtlich der chemischen Konstitution, wie aus den mitgeteilten Formeln ersichtlich ist, ganz nahestehende Jodoform geschrieben.[1] Wenn wir an das Chloroform das Jodoform gleich angereiht haben, so sind wir damit von der Klasse der „Narkotika“ zur Klasse der „Antiseptika“ übergegangen, die zur Schmerzlosigkeit, mit der das Chloroform die chirurgischen Operationen umgibt, den glatten Heilungsprozeß der Wunden gefügt haben.

Diesen in der Wundbehandlung großartigsten Fortschritt aller Zeiten verdankt die Welt dem englischen Professor der Chirurgie Lister, der die Anregung zu seiner genialen Leistung durch die Arbeiten Pasteurs über die kleinsten Lebewesen erhielt.

Überall in der Luft vorhandene Bakterien können nämlich, wenn sie in Wunden gelangen, deren Eiterung und im Anschluß daran oft höchst gefährliche zum Tode führende Allgemeinerkrankungen veranlassen. Da es nun kaum möglich ist, die uns umgebende Luft von den Wunden abzuschließen, sorgt man nach Listers Vorschlag seit Mitte der siebziger Jahre des vorigen

---

1) Die Abkürzungssilbe form rührt vom Acidum formicum zu deutsch Ameisensäure her, indem diese Körper hinsichtlich ihrer chemischen Konstitution auch in gewisser Beziehung zu dieser Säure stehen, bezw. auch diese ein sehr nahestehendes Derivat des Methans ist.

Jahrhunderts dafür, daß die Bakterien der an die Wunden kommenden Luft durch Desinfektionsmittel, mit denen man die Wunden umgibt, abgetötet werden. Das von ihm hierzu verwendete Mittel war die Karbolsäure.

In gut eingerichteten Krankenhäusern ist man jetzt schon noch einen Schritt weiter gelangt. Man bedient sich in ihnen der aseptischen Methode, d. h. man kocht die Operationsinstrumente zur Tötung der Bakterien aus, „sterilisiert" die Mäntel der Operierenden im strömenden Wasserdampfe, die Hände des Operierenden sind durch Waschen mit Alkohol von Bakterien befreit, in gleicher Weise sind die Hautstellen des Patienten, an denen die Operation vorzunehmen ist, behandelt, der Verband besteht aus sterilisierter Watte usw. Man vermeidet somit auf diesem Wege die Berührung des Kranken mit den immerhin meist recht giftigen antiseptischen Mitteln. *Außerhalb* der auf das beste eingerichteten Operationssäle ist aber diese modernste Methode der Chirurgie nicht brauchbar, weil die Summe der genannten Vorsichtsmaßregeln dort unausführbar ist.

Die Karbolsäure ist eine dem Benzol (siehe Seite 310) sehr nahestehende Substanz. Sie ist nur um ein Sauerstoffatom reicher als dieses und hat folgende Konstitution:

```
          H
          |
          C
        /   \
   H—C       C—O—H
     |       |
   H—C       C—H
        \   /
          C
          |
          H
```

Karbolsäure.

Die Karbolsäure wird aus dem Steinkohlenteer durch Destillation gewonnen.

Der durch Lister herbeigeführte Fortschritt wird uns so recht klar, wenn wir an den deutsch-französischen Krieg, also an das Jahr 1870, zurückdenken. Damals zupfte noch alle Welt unter Ausschluß jeder Vorsichtsmaßregel aus altem Leinen Charpie, wie das so Brauch war, ohne eine Ahnung zu haben, welch eine

Unsumme von Ansteckungsstoffen man gerade mit einem so hergestellten Material, das mit ungezählten Bakterien beladen ist, in die Wunden bringt. Sicher ist durch dasselbe der Tod vieler, die heute gerettet würden, herbeigeführt worden. Heute benutzt man deshalb gar keine Charpie mehr, sondern bedient sich an ihrer Statt der durch Antiseptika bakterienfrei gemachten Verbandwatte.

Indem somit jetzt alles und jedes, was mit den Wunden in Berührung kommt, also auch die Hände und Instrumente des Operierenden desinfiziert werden, heilen sie meist ohne jede Eiterung. Natürlich bleiben große Operationen nach wie vor mit Gefahr verbunden, aber die ehemals häufigste derselben, das Wundfieber, ist als ausgeschlossen zu betrachten. Sind doch viele Operationen, die früher sicher den Tod durch nachherige Vereiterung herbeigeführt hätten, überhaupt erst seit Kenntnis der antiseptischen Methode, die das Eitern ausschließt, ausführbar.

Antiseptika gibt es eine Unsumme; das Karbol hat viele, viele Konkurrenten bekommen, zumal infolge der so großen Fortschritte der Bakteriologie und der Hygiene der Bedarf daran und die Ansprüche ununterbrochen wachsen.

Das bereits erwähnte Jodoform mit seinem unerfreulichen Geruch hat sich trotz dieser unerfreulichen Zugabe ganz besonders in der Wundbehandlung bewährt, und wird immer noch von den Chirurgen benutzt. Die Bakteriologen brauchen wieder für ihre Zwecke häufig ein sehr viel stärkeres und dabei geruchloses Mittel, als welches ihnen zumeist das Sublimat dient.

Sublimat ist chemisch Quecksilberchlorid. Seine wäßrige Lösung zeigt noch bei starker Verdünnung die allergrößte antiseptische Kraft. Und wäre es nicht an und für sich auch für den menschlichen Körper ein starkes Gift, es würde wahrscheinlich ziemlich alle anderen Antiseptika verdrängen.

Das Publikum braucht aber auch völlig geruch- und dabei geschmacklose und ganz ungiftige Antiseptika, um Speisen z. B. mittels solcher haltbar zu machen. Für den Zweck hat sich die Salicylsäure mit am meisten bewährt. Sie ist zuerst im Jahre 1839 aus der Rinde der Weide (Salix) gewonnen worden, und ihr

daran anklingender Name ist ihr erhalten geblieben. Die Untersuchung der Anordnung der Atome darin lehrte allmählich, daß sie eine der Karbolsäure sehr nahestehende Verbindung ist.

Ersetzt man in der Karbolsäure ein bestimmtes Wasserstoffatom durch einen anderen Atomkomplex, den man Karboxyl nennt, so erhält man sie daraus. Karbolsäure hat die Formel C_6H_6O, Salicylsäure die Formel $C_7H_6O_3$. Letztere ist also um die Atome CO_2, das ist, wie wir wissen, die Elementarzusammensetzung der Kohlensäure, reicher.[1])

```
          H                          H
          |                          |
          C                          C
        /   \                      /   \
   H—C         C—O—H          H—C         C—O—H
     |         |                |         |
   H—C         C—H            H—C         C—COOH
        \   /                      \   /
          C                          C
          |                          |
          H                          H
     Karbolsäure                Salicylsäure
```

Und so wird die Salicylsäure jetzt im Anschluß an diese Erkenntnis in größtem Maßstabe aus dem Karbol, welches doch seinerseits dem Teer entstammt, nach einem allmählich zur denkbarsten Vollkommenheit ausgebildeten Verfahren gewonnen.

1) Wir wollen hier zum Schluß bemerken, daß wir im Buche, weil das für unsere Zwecke genügte, in den chemischen Formeln immer nur die qualitative Zusammensetzung der Körper gesehen haben. „Dem Chemiker bedeuten die Formeln aber weit mehr.“ Sie geben ihm gleichzeitig die Gewichtsverhältnisse an, in welchen die einzelnen Elemente den betreffenden Körper zusammensetzen. Das Gewicht der Atome der einzelnen Elemente ist nämlich im Verhältnis zueinander bestimmbar und bestimmt. Man bezieht es auf das leichteste aller Elemente, das ist das Wasserstoffgas, dessen Atomgewicht man gleich 1 setzt. Das Kohlenstoffatom ist z. B. zwölfmal so schwer als das Wasserstoffatom, das Sauerstoffatom sechzehnmal so schwer. Diese Kenntnis ermöglicht die ungemein einfache chemische Zeichensprache, welche keine besonderen Sprachkenntnisse erfordert, sondern den Chemikern aller Nationen gleich verständlich ist. Damit läßt sich, wie Mack sehr richtig bemerkt, hinsichtlich der großen Einfachheit und der allgemeinen Verständlichkeit wohl nur noch die Notenschrift vergleichen. Ausführlicheres hierüber siehe in „Lassar-Cohn, Einführung in die Chemie in leichtfaßlicher Form“, Verlag von Leopold Voss, Hamburg. 3. Auflage 1907.

Andererseits dienen, wenn es auf ihre weitere Beschaffenheit nicht ankommt, auch nur ganz oberflächlich gereinigte Destillationsprodukte des Teers, welche ebenfalls erfahrungsgemäß eine sehr große antiseptische Kraft besitzen, vielfach zu Desinfektionszwecken. Sie können äußerst wohlfeil geliefert werden. Damit ist die Abhaltung vieler Erkrankungen selbst den armen Bevölkerungsschichten ermöglicht, die sich auch bei Epidemien durch diese Mittel gegen Ansteckung schützen können.

So schreiten die Arbeiten auf chemischem Gebiete, wie wir sie kennen zu lernen Gelegenheit gehabt haben, rastlos vorwärts, indem alles, was die Natur liefert, auf das genaueste nach den verschiedensten Richtungen hin geprüft wird, sei es, daß es sich um den Ausbau der Wissenschaft handelt, sei es, daß Zwecke der Gesamtheit oder der einzelne Mensch in Betracht kommen. Auch das vorliegende Buch hat daher in den zwölf Jahren, die seit seinem ersten Erscheinen verflossen sind, manch wichtigen Zuwachs erfahren.

Nicht mehr trifft die einstmals nicht unberechtigte Kritik des großen Engländers Francis Baco von Verulam zu: „Chymicorum autem genus ex paucis experimentis fornacis philosophiam constituerunt phantasticam et ad pauca spectantem“, die etwa bedeutet: Die Zunft der Chemiker hat auf Grundlage weniger im Ofenfeuer angestellter Experimente eine phantastische und nur wenige Erscheinungen berücksichtigende Weltanschauung aufgestellt.

Nicht mehr ist aber auch wie in jenen Zeiten das ganze mit dem Mantel alchimistischer Geheimnisse umgeben, sondern offen liegt es da, und wohl erscheint der Versuch gerechtfertigt, in diese scharf durchdachte Welt selbst dem Fernerstehenden einen Einblick zu eröffnen, der sein Allgemeinwissen mehren, sein eigenes Denken zu schärfen geeignet sein wird.

Sachregister.

Geschichtliche Angaben über:

Statistische Angaben über:

Statistische Angaben über:

Namenregister.



Aus neueren Besprechungen von

Lassar-Cohn, Einführung in die Chemie.

Innerhalb 8 Jahren hat das Buch, das kein Schulbuch im eigentlichen Sinne sein will, drei Auflagen erlebt. Das ist gewiß **ein Zeugnis seiner Güte.** Und in der Tat dürfte es kaum in der chemischen Literatur ein zweites Buch geben, **das so klar, einfach und knapp und dabei durchaus zuverlässig** in das Gebiet der Chemie einführt. Hannoversche Schulzeitung.

In klaren, durchweg leicht verständlichen Ausführungen gibt Verfasser einen Überblick über die anorganische und organische Chemie und erläutert mit großem methodischen Geschick ihre theoretischen Grundbegriffe. 60 klare und gut gelungene Abbildungen erleichtern hierbei wesentlich das Verständnis der Vorträge. Blätter für Post und Telegraphie.

Diese aus Volkshochschulvorträgen entstandene „Einführung in die Chemie" ist außerordentlich anregend, insofern sie den Leser scheinbar selbst die Resultate finden läßt, zu denen die Chemie gelangt ist. Jeder gebildete Nichtchemiker, der ein ernsteres Interesse an Naturwissenschaft hat, versteht das Buch. Schritt für Schritt wächst das Verständnis der chemischen Vorgänge, und am Ende hat der Leser eine solide Grundlage für eigene Weiterbildung gewonnen, oder wenn er diese nicht beabsichtigt, sein geistiges Niveau gehoben, seinen Ideenkreis gefördert und erweitert. Praktischer Maschinenkonstrukteur.

Zum Selbststudium für den Anfänger ist diese kleine Schrift vorzüglich geeignet. Sie ist **volkstümlich im besten Sinne des Wortes** und vermittelt auch demjenigen einen klaren Einblick in die chemischen Erscheinungen, der ohne besonderen Vorunterricht das Buch durchstudiert. Wir wüßten kein anderes populäres Werk zu nennen, das in gleich vortrefflicher Weise nicht nur die Anfangsgründe der chemischen Wissenschaft, sondern auch schwierige Teile derselben dem Laien verständlich darlegt. Kölnische Zeitung.

Die vielen Erfolge verdankt das Werk dem klaren Vortrage, welcher so **genau** wie **unterhaltend** ist, wie **gründlich und wissenschaftlich** und muß das Buch deshalb als eine methodische Musterleistung genannt werden, welche dem Königsberger Professor eigen ist. In sozusagen spielender Weise wird der Leser in das Gebiet der Chemie eingeführt, welche besser nicht gedacht werden kann. Wir empfehlen deshalb das Werk **jedem Gebildeten,** hauptsächlich aber allen Lesern unserer Zeitschrift, welche aus demselben eine reiche Quelle praktisch verwertbarer Kenntnisse schöpfen werden und somit so manche Lücke ihres Wissens auf die denkbar angenehmste Weise ergänzen.
Zeitschrift für landwirtschaftliche Gewerbe.

Wie des Verfassers „Chemie im täglichen Leben", die es schon bis zur 6. Auflage gebracht hat, kann seine „Einführung in die Chemie" zu den besten populären und dabei wissenschaftlich begründeten Arbeiten auf diesem Gebiete gerechnet werden. Deutsche Literaturzeitung.

Der Verfasser hat eine bewundernswerte Gabe, den Laien gleichsam spielend in die Chemie einzuführen. Das zeigte sich bereits in dem sehr verbreiteten

Bı kl: Ch de wi

fin Aı un Gr Ch Di sel Er At stö ent wi gas

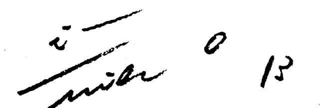
suc lich die die bin ana ma nisc

Wi nicl das sein Vor ... „Die Chemie im täglichen Leben" veröffentlicht wurden, gelesen und dessen geradezu meisterhaftes Geschick, auch schwierige Themen zu popularisieren, zu würdigen Gelegenheit gehabt hat, wird sicherlich die Behauptung des Referenten, daß auch das in Rede stehende Buch eine **methodische Musterleistung** genannt werden muß, nicht übertrieben finden. Namentlich die theoretischen Grundbegriffe der Chemie, die erfahrungsgemäß dem Neuling manche Schwierigkeit und viel Kopfzerbrechen verursachen, sind in einer Weise entwickelt, wie sie **klarer und lichtvoller wohl kaum gedacht werden kann.** Auch die stete und nachdrucksvolle Betonung der zahlreichen Wechselbeziehungen, in welchen die Errungenschaften der chemischen Wissenschaft zu den Bedürfnissen des täglichen Lebens, zu Industrie und Handel und damit auch zur allgemeinen Kulturentwicklung stehen, ist ein Vorzug dieser neuesten Arbeit des Königsberger Chemikers, der an dieser Stelle nicht verschwiegen werden soll.

Pädagogische Rundschau.









Verlag von Leopold Voss in Hamburg.

Als Lehr- und Lernbücher für Chemie werden weiter empfohlen:

Grundzüge der Chemie und Mineral[illegible]ie. Methodisch bearbeitet von Prof. Dr. Rud. Arendt. Neunte Auf[illegible]arb. von Dr. L. Doermer. Mit 244 in den Text eingeschalteten Ab[illegible] und einer Buntdrucktafel. Geb. M. 4.60.

Leitfaden für den Unterricht [illegible]ie und Mineralogie. Methodisch bearbeitet von Prof. [illegible]dt. Zehnte Auflage bearbeitet von Dr. L. Doermer. [illegible] Text eingeschalteten Abbildungen und einer Buntdru[illegible].

Elemente der Experim[illegible] [illegible]net nach den Grundsätzen von Prof. Dr. Rud. [illegible] von J. F. Herding und O. Hahn. M. 1.—

Das chemis[illegible] [illegible] kurzer Leitfaden für Schule und Selbstunt[illegible]nnert. Dritte verbesserte und vermehrt[illegible]r durchschossen kart. M. 1.—.

Grun[illegible]e an Beispielen und einfachen Versuchen erläutert von Dr. S. M. Jörgensen, Prof. an der Universität in Kopenhagen. Mit 13 Figuren im Text. M. 2.—.

Abriß der allgemeinen oder physikalischen Chemie. Als Einführung in die Anschauungen der modernen Chemie. Von Prof. Dr. Carl Arnold. Geb. M. 2[illegible].

Repetitorium der Chemie. Mit besonderer Berücksichtigung der für die Medizin wichtigen Verbindungen, sowie des „Arzneibuches für das deutsche Reich“ und anderer Pharmakopöen, namentlich zum Gebrauche für Mediziner und Pharmazeuten. Bearbeitet von Dr. Carl Arnold, Prof. der Chemie an der Königlichen Tierärztlichen Hochschule zu Hannover. **Zwölfte,** verbesserte und ergänzte Auflage. Gebunden M. 7.—.

Durch sein 6500 Nachweise enthaltendes Register auch ein vorzügliches, kaum versagendes Nachschlagebuch.



